

Una Década de Aprendizaje

CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO

Los Primeros Diez Años de la División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición



El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con el objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en cinco sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud; ciencias de la información; ciencias sociales, y comunicaciones. El Centro es financiado exclusivamente por el Parlamento de Canadá; sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

©1982 International Development Research Centre
Postal Address: Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9
Head Office: 60 Queen Street, Ottawa, Canada

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Apartado Aéreo 53016, Bogotá, Colombia

CIID, Ottawa CA

IDRC-170s

Década de aprendizaje: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición: los primeros diez años. Ottawa, Ont., CIID, 1982. 192 p.: ill.

/CIID/ , /agricultura/ , /alimentos/ , /nutrición/ , /investigación agrícola/ , /investigación aplicada/ , /programa de trabajo/ , /países en desarrollo/ — /proyectos de investigación/ , /investigación forestal/ , /investigación pesquera/ , /investigación sobre nutrición/ , /sistemas post-cosecha/ , /capacitación/ , /centros de investigación/ , /futuro/ , /publicación/.

CDU: 63.001.5

ISBN: 0-88936-310-2

Se dispone de edición microficha

*This publication is also available in English.
Il existe également une édition française de cette publication.*

IDRC-170s

Una Década de Aprendizaje

**Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición
Los Primeros Diez Años**

*A nuestros amigos en muchas partes del mundo
cuyos buenos trabajos se reflejan en este libro*

Contenido

Prefacio	4
Introducción	5
Siglas y Abreviaturas	7
Capítulo 1. Historia, Filosofía y Método de Trabajo	9
Capítulo 2. (Una Reseña por Región Geográfica)	25
Africa	26
Medio Oriente y Noráfrica	60
Asia	75
América Latina y el Caribe	112
Canadá y Países Desarrollados	137
Capítulo 3. Lo Que Hemos Aprendido	147
Capítulo 4. El Futuro	163
Epílogo	169
Apéndice 1. Cuadros con Cifras Acumuladas	172
Apéndice 2. Centros Internacionales de Investigación Agrícola	182
Apéndice 3. Publicaciones de CAAN desde 1970 hasta 1980	183
Apéndice 4. Otras Publicaciones del Personal de CAAN	188

Prefacio

La comunidad internacional de desarrollo de nuestros tiempos abunda en la retórica sobre los problemas de alimentos, pobreza, medio ambiente, etc, que plagan a los países en desarrollo; sin embargo, muy poco de esa retórica se convierte en acciones específicas que se dirijan realmente a la mejora de las vidas de los habitantes rurales. *Una Década de Aprendizaje* es una síntesis de cómo la División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición (CAAN) del CIID ha puesto en acción su preocupación a través de 400 proyectos de investigación en 70 países. Los temas han sido diversos, incluyendo el pasto elefante, la yuca, el caupí, los mejillones, y los bosques aldeanos; los proyectos han dado la vuelta al mundo y han sido realizados en concordancia con la filosofía del CIID — contribuir pero no gobernar.

A diferencia de muchas otras publicaciones sobre desarrollo, ésta habla de hechos y muy poco de intenciones; Joe Hulse director de CAAN y su personal han ganado las credenciales de haberlo hecho. Ellos ayudaron a construir una capacidad investigativa y a producir al mismo tiempo resultados de investigación en algunos de los lugares menos imaginables. En los últimos diez años prestaron atención a los cultivos descuidados, a las tierras descuidadas y a las poblaciones descuidadas mediante la inversión en la creación de nuevas estructuras investigativas dedicadas a estas áreas de descuido, mediante el fomento a las redes de investigación a lo largo de países y continentes, y mediante el uso de los recursos investigativos humanos de Canadá para respaldar a los científicos del Tercer Mundo y sus proyectos. Esto último ha sido logrado sin dificultades, sin los habituales “dolores” que acompañan la colaboración entre los que tienen y los que no tienen. Aunque sin hacer ostentación de las virtudes del enfoque multidisciplinario, los proyectos de investigación tienen en sí el componente multidisciplinario porque son concebidos con sensibilidad social y se enraízan en el sistema del agricultor, lo cual no tiene límites académicos. ¿Qué mejor manera de gastar \$73 millones donde más se necesitan?

Este libro aparece en un momento en que existe un consenso creciente sobre la necesidad de construir la capacidad investigativa en los países en desarrollo como una respuesta perdurable a nuestros continuos problemas. Para aquellos ocupados en esta difícil tarea, bien en el norte o en el sur, *Una Década de Aprendizaje* es de lectura obligatoria porque es la voz de la experiencia. Como se dice: “Usted nómbrelo, Joe Hulse y su personal lo han hecho o al menos lo han intentado”. Y si uno puede leer mas allá de las letras, encontrará una dosis especial de compromiso personal que no puede fácilmente vertirse en palabras pero que, esperamos, inspirará a aquellos a quienes alcanza.

Gelia T. Castillo

*Profesora de Sociología Rural
Universidad de Filipinas en Los Baños*

Introducción

En todo, solo aprendemos de aquellos a quienes amamos
— Goethe

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) publicó en 1977 el libro *Los Primeros Cinco Años de la División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición*. Dicha publicación recapitulaba todo aquello que la División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición (CAAN) había tratado de lograr y logró en el lustro comprendido entre 1970 y 1975. *Los Primeros Cinco Años* se convirtió en una de las publicaciones mas solicitadas del Centro. Ahora, cuando se ha cumplido el décimo aniversario de la creación del CIID y han transcurrido cinco años más, se presenta la oportunidad propicia para revisar y actualizar aquella obra.

El primer libro seguía la secuencia del programa de trabajo de la División y sus lineamientos presupuestales, presentando los proyectos bajo los cinco grupos de programas de la División, a saber: Cultivos y Sistemas de Cultivos; Pesquería; Ciencias Animales; Silvicultura y Sistemas Postcosecha.

En esta publicación se ha modificado dicho esquema dando a los proyectos y a otras actividades un enfoque analítico concordante con la región geográfica en donde se hayan llevado a la práctica. El contenido de este informe se distribuye en cuatro capítulos: Historia, Filosofía y Método de Trabajo; Una reseña por Regiones Geográficas; Lo que se ha Aprendido; y El Futuro.

El primer capítulo aporta una breve historia de la forma como se ha desarrollado el trabajo de la División y sus programas; enumera sus prioridades, cuenta cómo se seleccionaron y lo que se hizo para responder a ellas; describe la manera como se han organizado y manejado los recursos humanos, financieros y materiales de la División y la filosofía que ha influido y moldeado el programa y su método operativo.

El segundo capítulo, a su vez el mas extenso, analiza las actividades y proyectos patrocinados en cada una de las principales regiones en desarrollo: El Medio Oriente y Noráfrica, Asia, América Latina y el Caribe. A continuación se estudian aquellos proyectos ejecutados en Canadá con apoyo del Centro. Es imposible describir en detalle cada uno de los proyectos (el Apéndice 1 trae una lista completa de los mismos) pero se espera que el capítulo segundo ilustra sobre la envergadura y diversidad del programa desarrollado. Varios proyectos han sido reseñados con mayor amplitud que otros para mostrar el progreso en un área de interés particular.

El tercer capítulo intenta hallar una respuesta a la pregunta, “¿Qué se ha aprendido en estos diez años?” y constituye el resultado del examen honesto

to de los puntos de vista del personal de la División en una síntesis de las respuestas verbales y escritas a dicha pregunta. En algunos temas se ha logrado un consenso total; otros presentan heterogeneidad de criterios. No obstante, su contenido será útil, especialmente para aquellos que recién llegan al campo del desarrollo de la agricultura internacional, aunque por ser una serie de juicios de carácter subjetivo no se puede ofrecer como guía infalible al tema. Mas bien su intención es la de mirar críticamente lo que la CAAN ha hecho o ha dejado de hacer. Su objetivo no es hacer una evaluación crítica de los proyectos individuales o de sus directores ya que esto se hace mejor en reuniones personales.

Las últimas páginas de este trabajo miran al futuro, intentando pronosticar los cambios en el énfasis y las prioridades, así como las opciones alternativas que encararán los arquitectos del próximo decenio. Lógicamente, esta última sección se debe considerar desde un punto de vista especulativo ya que es al Consejo de Gobernadores del CIID a quien le compete la responsabilidad de definir las prioridades de los programas que se desarrollarán en el futuro y la forma en que se asignarán los recursos del Centro.

Si bien es cierto que este análisis gira en torno del programa de trabajo de CAAN, es imposible dejar de reconocer el beneficio y la colaboración que el personal de la División y de los proyectos patrocinados ha recibido de otras Divisiones del CIID y del Consejo de Gobernadores del Centro.

Algunas apreciaciones contenidas en *Los Primeros Cinco Años* tienen aún validez en este momento: el CIID existe para fomentar y apoyar la investigación aplicada, no para realizar las investigaciones por sí mismo; el Centro puede considerarse mejor como agente catalizador y proveedor de servicios de apoyo, servicios que buscan ayudar a los jóvenes científicos del mundo en desarrollo a definir, planificar y dirigir la investigación aplicada al logro de un mejor bienestar para los pobres del campo.

A todos aquellos científicos e instituciones a quienes el Centro ha tenido el privilegio de brindarles su estímulo y apoyo se les debe abonar todas las realizaciones cumplidas y es a ellos a quienes se dedica este trabajo.

Consideramos apropiado el título *Una Década de Aprendizaje* ya que este trabajo registra la historia de lo que otros han logrado, y de lo que el personal de la División ha aprendido por su asociación con los científicos tecnólogos a quienes ha ayudado. Asimismo, este libro se deriva de una revisión crítica continua de lo que ha sido descrito por muchos como el método operativo exclusivo del CIID.

El texto incluye una síntesis de opiniones y comentarios de miembros de la División y de otros con quienes ella está asociada. Agradezco a todos aquellos que me han provisto el material para esta publicación, sin embargo la responsabilidad por la interpretación final es mía.

J.H. Hulse

Director

División Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición

Siglas y Abreviaturas

ACDI — Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ver CIDA)	CIMMYT — Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
AEG — Agricultural Economics Group	CIMPA — Centro de Investigación y Mejoramiento de la Producción Animal
AIT — Asian Institute of Technology	CNRA — Centre national de recherches agro-nomiques
ALAD — Arid Lands Agricultural Development	CRIA — Central Research Institute for Agriculture
ASEAN — Association of the South East Asian Nations	CTCRI — Central Tuber Crops Research Institute
BARI — Bangladesh Agricultural Research Institute	CUSO — Canadian University Service Overseas
BID — Banco Interamericano de Desarrollo	FAO — Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
BRRI — Bangladesh Rice Research Institute	GASGA — Group for Assistance on the Storage of Grains in Africa
CASAFA — Interunion Commission on the Application of Science to Agriculture, Forestry and Aquaculture	IARC — International Agricultural Research Centre
CATIE — Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	IARI — Indian Agricultural Research Institute
CEE — Comunidad Económica Europea	ICA — Instituto Colombiano Agropecuario
CGIAR — Consultative Group on International Agricultural Research	ICAITI — Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología
CIAT — Centro Internacional de Agricultura Tropical	ICAR — Indian Council of Agricultural Research
CIBC — Commonwealth Institute of Biological Control	ICARDA — International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
CIDA — Canadian International Development Agency	ICIPE — International Centre for Insect Physiology and Ecology
CIFRI — Central Inland Fisheries Research Institute	ICRAF — International Council for Research in Agroforestry
CIFT — Central Institute of Fisheries Technology	ICRISAT — International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
CIID — Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo	ICSU — International Council of Scientific Unions
CAAN (División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición)	IFDC — International Fertilizer Development Centre
DC (División de Comunicaciones)	IFPRI — International Food Policy Research Institute
CS (División de Ciencias de la Salud)	IFRI — Inland Fisheries Research Institute
CI (División de Ciencias de la Información)	IITA — International Institute of Tropical Agriculture
CS (División de Ciencias Sociales)	ILCA — International Livestock Centre for Africa
ASRO (Oficina Regional para Asia)	INCAP — Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
EARO (Oficina Regional para África Oriental)	INRF — Institut national de recherches forestières
LARO (Oficina Regional para América Latina)	
MERO (Oficina Regional para el Medio Oriente y Noráfrica)	
WARO (Oficina Regional para África Occidental)	

- INTEC — Institute for Technological Research
 IRRI — International Rice Research Institute
 IUFOST — International Union of Food Science and Technology
 IUNS — International Union of Nutritional Sciences
 IVITA — Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales
 LDC — País menos desarrollado: Latinoamérica y el Caribe, Africa (excluyendo a Suráfrica), Asia (incluyendo a Israel pero excluyendo a China, la República Popular de Corea, Mongolia, Vietnam y Japón). Documento de la Secretaría de la ONU E/AX54/L81.
 LLDC — País en el menor grado de desarrollo. Países con un PIB de US\$100 o menos en 1968, la manufactura como cuota del PIB es 10% o menos, la tasa de analfabetismo es de 20% o menos — Resolución de la ONU 27681 del 18 de noviembre de 1971
 MARDI — Malaysian Agricultural Research and Development Institute
 MSA — País mas seriamente afectado: definido formalmente por la Organización de Emergencia de las Naciones Unidas (UNEO) en 1974 como los países que sufren efectos adversos severos por el alza en los precios del petróleo
 NGA — National Grains Authority
 ONAREST — Office national de la recherche scientifique et technique
 ONERSOL — Office national de l'énergie solaire
 PCARR — Philippine Council for Agriculture and Resources Research
 PNUD — Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
 PRL — Prairie Regional Laboratory
 RIIC — Rural Industries Innovation Centre
 SAIS — Sociétés agricoles d'intérêt social
 SAT — Semi-Arid Tropics
 SEAFDEC — Southeast Asian Fisheries Development Centre
 SEARCA — Southeast Asian Regional Centre for Graduate Study and Research in Agriculture
 SISIR — Singapore Institute of Standards and Industrial Research
 TAC — Technical Advisory Committee
 TADD — Tangential Abrasive Dehulling Device
 UNCSTD — United Nations Conference on Science and Technology for Development
 UNESCO — Organización de las Naciones Unidas para Educación, la Ciencia y la Cultura
 UNU — Universidad de las Naciones Unidas
 UPEB — Unión de Países Exportadores de Banano
 UPLB — University of the Philippines at Los Baños
 USAID — United States Agency for International Development
 WARDA — West Africa Rice Development Association
 WBG — World Bank Group
 WINBAN — Windward Islands Banana Growers' Association

Capítulo 1



Historia, Filosofía y Método de Trabajo

Historia

La División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición (CAAN) del CIID comenzó actividades en octubre de 1970. Durante estos diez años su programa ha estado destinado a estimular y apoyar la investigación aplicada en beneficio de los habitantes de las zonas rurales que conforman la mayor parte de la población de África, el Medio Oriente, Asia, América Latina y el Caribe. En su primera reunión, el Consejo de Gobernadores del CIID estuvo de acuerdo en que CAAN debería considerar como su prioridad a los habitantes de los trópicos semiáridos (TSA) entre quienes, de acuerdo con criterios económicos y sociales reconocidos y aceptados en el mundo entero, se encuentran los pueblos más pobres y menos privilegiados de la tierra. Poco tiempo después de que la División declarara a estas regiones como su prioridad capital, severas sequías centraron la atención del mundo en este estado crónico de incertidumbre climática y agrícola y en los resultados trágicos de las sequías continuas y repentinas que afectan al Sahel, la zona de trópicos semiáridos que bordea el Sahara.

Si bien es cierto que el término “trópicos semiáridos” no se puede definir con exactitud, las regiones que los conforman se caracterizan por suelos pobres, niveles bajos e inciertos de precipitación atmosférica, rendimientos escasos de las cosechas y, por consiguiente, desnutrición crónica entre sus pobladores más pobres. Hasta comienzos de la década del setenta, los TSA eran regiones de poblaciones, tierras y cultivos alimenticios seriamente desamparados.

El programa de CAAN tiene por objetivo estimular la investigación aplicada para beneficio de los habitantes rurales desfavorecidos, incrementar la productividad de sus tierras y sus recursos hídricos, de sus cultivos alimenticios, de su fauna terrestre y acuática, de sus árboles y del resto de su vegetación. El método que el programa ha seguido en la búsqueda de una solución a estos problemas conforma el tema central de este trabajo.

Investigación Aplicada

Louis Pasteur escribió: “No existen las ciencias aplicadas . . . lo que existe son las aplicaciones de la ciencia . . .” Siguiendo a Pasteur, CAAN se dedica a apoyar la investigación aplicada — investigación para el beneficio del hombre. Cuando se considera necesario, CAAN ayuda a definir a quién se trata de beneficiar con la investigación y la forma en que se prestará dicho beneficio. El programa, que se mueve sobre un amplio espectro científico de conocimientos y experiencias tecnológicas, da prelación a aquellos proyectos que se desarrollan en estrecha cooperación con los habitantes rurales que intenta beneficiar.

En consonancia con el criterio de Pasteur, y contrario a ciertas apreciaciones modernas, los principios y métodos científicos serios son aplicables y transferibles a nivel universal, no así muchas tecnologías. Las tecnologías biológicas, que reciben la influencia e interactúan con el medio ambiente físico, social y económico en el cual existen, son muy difíciles de transferir de un lugar a otro. Por lo tanto, cada país en desarrollo requiere su propio servicio de investigación con capacidad para modificar y adaptar las tecnologías nuevas o mejoradas a su medio ambiente. En el contexto de CAAN, la “investigación” se puede definir como: “Una progresión lógica y sistemática de lo conocido hacia lo desconocido”. Los 400 proyectos apoyados ofrecen ejemplos de investigación sencilla y adaptable, de investigación aplicada de gran diversidad, complementada en algunos casos con investigación básica. Todo este trabajo involucra diversos niveles de conocimientos y experiencia en técnicas científicas, métodos y organización.

Filosofía

El Informe de la Comisión Pearson sobre Desarrollo Internacional, “Socios en el Desarrollo”, que sirvió de inspiración a la filosofía del CIID, enumeraba entre sus recomendaciones un mayor apoyo a la investigación en los países en desarrollo y que “los países industrializados ayuden a la creación de centros internacionales, regionales y nacionales de investigación científica y tecnológica en los países en desarrollo . . .” Concretamente, la Comisión Pearson recomendaba la creación de centros cuya labor se concentrara en el suministro de alimentos y en la agricultura tropical.

La División ha contribuido a nivel científico, administrativo y financiero a la creación de varios centros internacionales para la investigación agrícola (IARCs). Igualmente, contribuye en dichos centros a programas de investigación sobre temas específicos vinculados a redes de proyectos que el Centro apoya en países en desarrollo.

Algunos científicos se adhieren a la teoría de que la excelencia y el ingenio científicos crearán su propia demanda y la de ellos mismos para lograr el beneficio social. Como esto casi nunca sucede en la realidad, la División tiene un pequeño Grupo de Economía Agrícola (AEG) que, con los demás grupos del programa, ayuda al personal de los proyectos a identificar quién se beneficiará de la investigación y a asegurar que se preste la atención debida a los factores sociales y económicos pertinentes.

Un Enfoque Sistemático

En la época actual se aboga por la investigación de carácter multidisciplinario a pesar de que muchos, si no la mayoría, de los científicos se preparan en disciplinas especializadas y relativamente pocos en el manejo y la integración sistemática de las ciencias técnicas, económicas y sociales para un propósito común. Muchas instituciones investigativas, sobre todo en países de menor desarrollo científico, no están estructuradas ni organizadas para llevar a cabo investigaciones que requieran la incorporación equilibrada de diversas disciplinas. Sin embargo, y a pesar de lo modesto que pueda ser el radio de acción del proyecto, el personal de la División estimula y colabora

en la definición de un enfoque sistemático que abarque a todos aquellos a quienes la investigación trata de beneficiar, así como a su medio ambiente social, económico y físico.

Un enfoque sistemático en la planificación, ejecución y adaptación de un proyecto sirve para romper la secuencia tradicional de la investigación que se inicia con la investigación en laboratorio o granja experimental, seguida por la demostración y “extensión”, lo que conducirá finalmente a la adopción de los resultados por los trabajadores rurales. La filosofía de un sistema exige que la investigación se inicie con un conocimiento profundo de las comunidades rurales en donde se va a llevar a cabo y que una parte considerable de la investigación se desarrolle en cooperación con los beneficiarios.

Entre los países de menor desarrollo científico, predominan proyectos relativamente sencillos. En aquellos países donde los recursos de tipo institucional y humano lo permiten, se desarrollan proyectos mas complejos que abarcan cultivos múltiples, policultivo de peces, y sistemas de cultivo en los cuales se integran animales y/o árboles con los sistemas de producción y postcosecha. La integración de la investigación postcosecha con la de producción está dando buenos resultados en varios países donde se da importancia no solo al rendimiento de los cultivos y al potencial de producción sino también a la calidad comestible, la utilidad, la estabilidad, el mercadeo y la distribución de los alimentos.

Método de Trabajo

El método operativo del CIID y el apoyo que brinda a los esfuerzos nativos, sin las exigencias de la ayuda atada, tienen acogida entre los gobiernos e instituciones de investigación en muchos países en desarrollo, y la División recibe mas solicitudes de las que puede apoyar con los recursos humanos y financieros de que dispone. Y aunque son muchos los organismos que han estudiado el método operativo del CIID, son relativamente pocos los que funcionan con la flexibilidad y libertad del Centro.

Los cuadros del Apéndice 1 presentan información estadística resumida sobre el programa de la División durante sus primeros diez años, así como la forma en que el programa ha crecido en términos de presupuesto y número de proyectos. A más de los proyectos que se relacionan en los cuadros mencionados, la División ha manejado 36 proyectos especiales financiados con una partida de Can\$9 millones de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI) y una partida de Can\$7 millones que el CIID ha administrado como organismo ejecutor del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) y otros grupos de donantes.

El CGIAR, del cual el CIID fue un fundador, es un consorcio de organismos donantes y de representantes de países en desarrollo, auspiciado por el Banco Mundial, el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO).



Investigación sobre sistemas de cultivo en el IRRI.

El CGIAR apoya a varios IARCs dedicados a aumentar la producción alimenticia en los países en desarrollo. Cada Centro está conformado por científicos experimentados en una amplia gama de disciplinas pertinentes al trabajo del Centro. Los IARCs se encargan de desarrollar cultivares mejorados, mantienen bancos de germoplasma, elaboran metodologías de investigación agrícola y suministran capacitación, todo ello a disposición de los científicos agrícolas de los países en desarrollo. (En el Apéndice 2 aparece una lista de todos los IARCs con sus funciones).

Estos IARCs desempeñan un papel esencial en algunas de las redes del programa de CAAN. El CIID ha contribuido financieramente a programas específicos de algunos de los IARCs. Dichos programas incluyen sistemas de cultivos en el IRRI, mejoramiento de leguminosas en el ICRISAT y en el ICARDA, y la investigación sobre yuca en el CIAT y el IITA. Al mismo tiempo, CAAN apoya proyectos sobre sistemas de cultivo, investigación en leguminosas y mejoramiento de raíces comestibles en varios países. Cada grupo de proyectos nacionales relacionados se integra en redes cooperativas que se sirven de un determinado IARC para la obtención de materiales de siembra, metodologías de investigación, asesoría científica y capacitación.

La división colaboró con la Fundación Ford en la creación del ICRISAT, el primero de los IARCs que fuera auspiciado por el CGIAR. La División financió y proveyó el director del equipo que determinó el radio de acción del programa de ICRISAT en los TSA de Africa. El CGIAR invitó al CIID para servir como organismo ejecutor, primero para la creación del Centro Internacional de Ganadería del Africa (ILCA) en Addis Abeba, Etiopía y, posteriormente, para el establecimiento de ICARDA, el cual, a pesar de las dificultades políticas de la región, ha desarrollado un impresionante progra-

ma de investigación en sistemas agrícolas y de cultivos importante para el Mediterráneo, el Medio Oriente y Noráfrica.

A petición del Comité de Asistencia Técnica (TAC), que es el grupo de científicos que asesora al CGIAR en la selección de sus prioridades y los programas de los IARCs, la División apoyó varias misiones científicas que estudiaron e hicieron recomendaciones sobre las prioridades de la investigación postcosecha en Asia y África, la acuicultura en Asia y las estrategias para la investigación sobre manejo de los recursos hídricos.

Recientemente, el CIID apoyó un estudio que llevó a la creación del Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF), con sede en Nairobi, Kenia, dedicado al mejoramiento del uso de la tierra mediante la incorporación de especies arbóreas a los sistemas agrícolas. A nombre de un consorcio de donantes que, actualmente, funciona independientemente de la familia CGIAR, el CIID actuó como organismo ejecutor durante los años formativos del ICRAF. También independientemente del CGIAR, pero a nombre de varios de sus miembros, el Centro actúa como organismo ejecutor para una red de proyectos de investigación y capacitación en los países del Sudeste Asiático, relacionados con uno o varios aspectos de los sistemas postcosecha del arroz.

La División es uno de los miembros fundadores del Grupo de Asesoría sobre Almacenamiento de Granos en África (GASGA) que ha trabajado en forma cooperativa para mejorar las condiciones postcosecha de los cereales y leguminosas, y ha producido un informe muy completo de las prioridades investigativas en este campo en los países en desarrollo. Igualmente, la División provee el presidente para la Comisión sobre Aplicación de la Ciencia a la Agricultura, la Silvicultura y la Acuicultura (CASAFA) creada por el Consejo Internacional de Gremios Científicos (ICSU) luego de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (UNCSTD).

Redes

En aquellas áreas del programa de la División para las cuales no existe el correspondiente IARC, incluyendo pesquería, silvicultura, sistemas postcosecha y, en gran medida, ciencias animales, se han diseñado otros métodos de apoyo técnico a las redes de proyectos. Uno de estos consiste en una red de asesores técnicos ambulatorios, individuales o en pequeños equipos de científicos y tecnólogos experimentados, quienes visitan con regularidad aquellos proyectos de la red vinculados por un interés común o un tema tecnológico relacionado. Estos asesores de red suministran asistencia técnica, colaboran en la acumulación e intercambio de germoplasma entre los proyectos y organizan talleres de trabajo periódicos en los que científicos provenientes de diferentes países tienen la oportunidad de compartir los resultados de sus investigaciones e intercambiar sus experiencias.

Para la División es prioritario el establecimiento y mantenimiento de comunicaciones entre los diferentes proyectos que comparten intereses comunes o metas relacionadas. Son muy pocas las instituciones de investigación en los países en desarrollo que disponen de recursos humanos y financieros suficientes para sostener todas las investigaciones que se requie-

ren en la agricultura, la silvicultura, la pesquería, sistemas postproducción y las ciencias básicas de las cuales depende toda la investigación aplicada. Aquellos países que comparten condiciones agroclimáticas, económicas y sociales similares atienden en mejor forma a sus necesidades propias y mutuas mediante la cooperación y la intercomunicación frecuente. En la sección dedicada al Asia, en el Capítulo 2, se describe en detalle la red de investigación en postcosecha del arroz y su equipo de asesores técnicos. La División apoya más de 20 proyectos de investigación en silvicultura social, es decir, silvicultura para y por el beneficio de las comunidades locales, en los países que rodean el Sahara y otras regiones semiáridas de África. Al comienzo del esfuerzo, los directores de investigación forestal provenientes de varios países de los TSA delinearon un programa de investigación completo e integrado que exigía mayores recursos de los que cualquier país a nivel individual estaba en capacidad de suministrar, pero al cual, no obstante, cada uno contribuye de manera significativa. Para estimular el progreso y la cooperación, la División aporta dos asesores africanos en investigación sobre silvicultura con muchos años de experiencia en la investigación forestal en África y el Medio Oriente con dominio del árabe, el inglés y el francés. Estos dos asesores visitan regularmente cada uno de los proyectos de la red y ocasionalmente se reúnen con todos los directores de proyecto para revisar colectivamente el progreso del trabajo.

Estudios de Base

Toda investigación aplicada, cualquiera sea su radio de acción o envergadura, se verá limitada por obstáculos y dificultades que exigen estudios de naturaleza más fundamental. Aproximadamente el 10% de los proyectos del programa de CAAN ha tomado la forma de subvenciones de investigación básica, en su mayoría con entidades canadienses, para complementar la investigación aplicada de otros países. Dentro de la nueva Unidad de Programas Cooperativos Canadienses y con base en su compromiso de asignar mayores recursos, según lo prometiera Canadá en la reunión de la UNCTSD, se espera expandir y diversificar la cooperación entre las entidades canadienses de investigación y las de los países en desarrollo.

En el transcurso de estos diez años el apoyo de CAAN a la investigación básica ha resultado en la producción, por medio del cultivo de tejidos, de yuca libre de enfermedad a partir de plantas infectadas; en los medios químicos por los cuales las malezas parasitarias que atacan a los cereales y leguminosas tropicales puedan hacerse germinar y, en ausencia de un hospedero, morir antes de sembrar los cereales o leguminosas; en el aislamiento e identificación del tanino polifenólico de ocurrencia natural que aumenta la resistencia del sorgo al ataque de los pájaros, el moho y, posiblemente, los insectos, al tiempo que reduce significativamente la calidad nutritiva del grano; en microorganismos que en condiciones tropicales aumentan por fermentación el contenido proteico de la yuca y de otras sustancias que contienen almidón; en la identificación y microanálisis de las hormonas que regulan la tolerancia del sorgo a la tensión provocada por la sequía continua o periódica; y en una mayor comprensión de la etiología y patología de la tripanosomiasis, enfermedad transmitida por la mosca tsetse que asola buena parte del ganado de África.

La mayoría de estos estudios básicos ha contado con la participación de científicos de los países en desarrollo a nivel de grado o de postgrado. Así, estos estudios sirven para aliviar dificultades determinadas, incrementar los conocimientos de los científicos del mundo en desarrollo, fomentar cooperación y, se espera, llevar a la mutua comprensión entre científicos canadienses y de otras naciones.

La División de Comunicaciones (DC) y la de Ciencias de la Información (CI) del CIID, en cooperación con CAAN, prestan gran variedad de servicios de apoyo, incluyendo sonovisos y películas; impresiones, sumarios y resúmenes computarizados; y reseñas del estado de las disciplinas, algunas publicadas por el Centro, otras por editoras comerciales (el Apéndice 3 trae una lista de todas las publicaciones de CAAN). De igual manera, la División auspicia grupos de trabajo para identificar necesidades concretas de investigación, echar las bases para la creación de nuevas redes de investigación y revisar el nivel de conocimientos sobre temas de importancia rural. Por ejemplo, a comienzos de 1980 y conjuntamente con la Universidad de las Naciones Unidas, dos gremios científicos internacionales y otros organismos, el CIID apoyó un grupo de trabajo que se reunió en la UNESCO para revisar el conocimiento disponible sobre el nivel nutricional de los habitantes rurales del Sahel. (Ver *Nutritional status of the rural population of the Sahel: report of a working group, Paris, France, 28-29 April 1980*. IDRC-Ottawa, 1981. IDRC-160e, 92 p. También en francés IDRC-160f.)

Administración y Organización

Desde el punto de vista administrativo, el programa de la División se organiza de manera convencional por grupos de disciplinas relacionadas. Cada grupo disciplinario ha desarrollado su propio patrón organizativo y programático de acuerdo con las necesidades sentidas por el Director Asociado del programa y sus colegas. Por ejemplo, el Grupo de Cultivos y Sistemas de Cultivo está ubicado a lo largo de los continentes, el Grupo de Sistemas Postcosecha, en cambio, se encuentra en la Universidad de Alberta, Canadá.

Cultivos y Sistemas de Cultivo. El Grupo de Cultivos y Sistemas de Cultivo ha administrado más del 44% de los 400 proyectos aprobados y un poco más del 50% del presupuesto de programas de la División durante estos diez años. El costo promedio de un proyecto de ciencias del cultivo ha sido cercano a Can\$250.000 con una duración promedio de 35 meses. Durante estos diez años se han apoyado proyectos en 46 países diferentes: 27% en Africa; 25% en Asia; 21% en América Latina; 14% en el Cercano Oriente y casi todo el resto en Canadá. Si se tiene en cuenta que los pobladores rurales mas pobres de los países en desarrollo obtienen como mínimo el 60% y, en algunos casos casi el 90%, de su energía alimenticia y otros nutrientes esenciales de las plantas comestibles, es lógico que los cultivos y sistemas de cultivos hayan absorbido la cuota mas alta del presupuesto de la División.

El programa ha concentrado su atención en los cultivos alimenticios relativamente abandonados, incluyendo los principales cereales, leguminosas y semillas oleaginosas de los TSA; la yuca y otras raíces que constituyen la principal fuente de subsistencia para más de 300 millones de personas; las

semillas oleaginosas, que podrían reducir la necesidad de importar aceites vegetales comestibles; y el banano y el plátano que tampoco han recibido una atención concordante con su importancia como cultivos alimenticios. Con el propósito de incrementar la utilidad de la tierra y de la mano de obra en la pequeña agricultura, se ha promovido la investigación en sistemas de cultivo, primero en Asia y mas recientemente en otros continentes. Se considera que en el futuro habrá una mayor concentración de la investigación sobre sistemas de cultivo, aprovechando las tecnologías desarrolladas en Asia y adaptadas recientemente en América Latina. La metodología de los sistemas de cultivo se basa en un enfoque ascendente más que descendente. Cada proyecto de investigación se inicia con un estudio amplio del agricultor, sus tradiciones, recursos, restricciones, las oportunidades para mayor productividad, y los riesgos inherentes a los cambios tecnológicos posibles que se prevean. La metodología requiere que gran parte de la investigación se emprenda en los terrenos del agricultor donde se pueda comparar la tolerancia de los nuevos cultivares y sistemas de cultivo al medio ambiente predominante con los ya establecidos. La Fig. 1 ilustra la idea de la metodología investigativa en sistemas de cultivo y la Fig. 2 muestra la interrelación de las variables que constituyen la “granja familiar”, unidad básica de análisis.

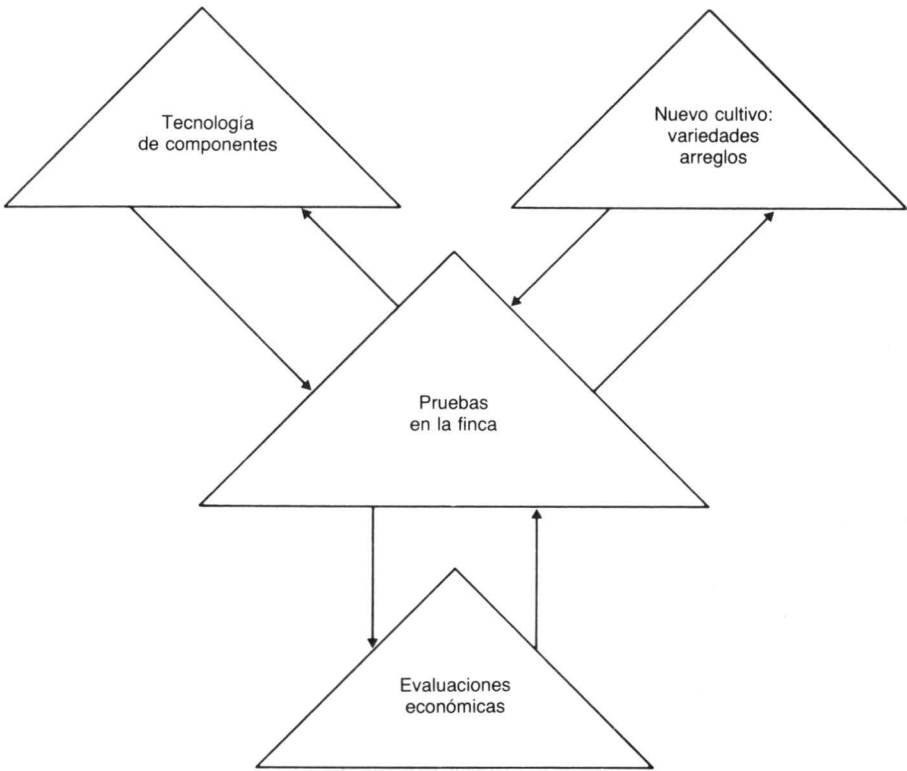


Fig. 1 Metodología investigativa en sistemas de cultivo.

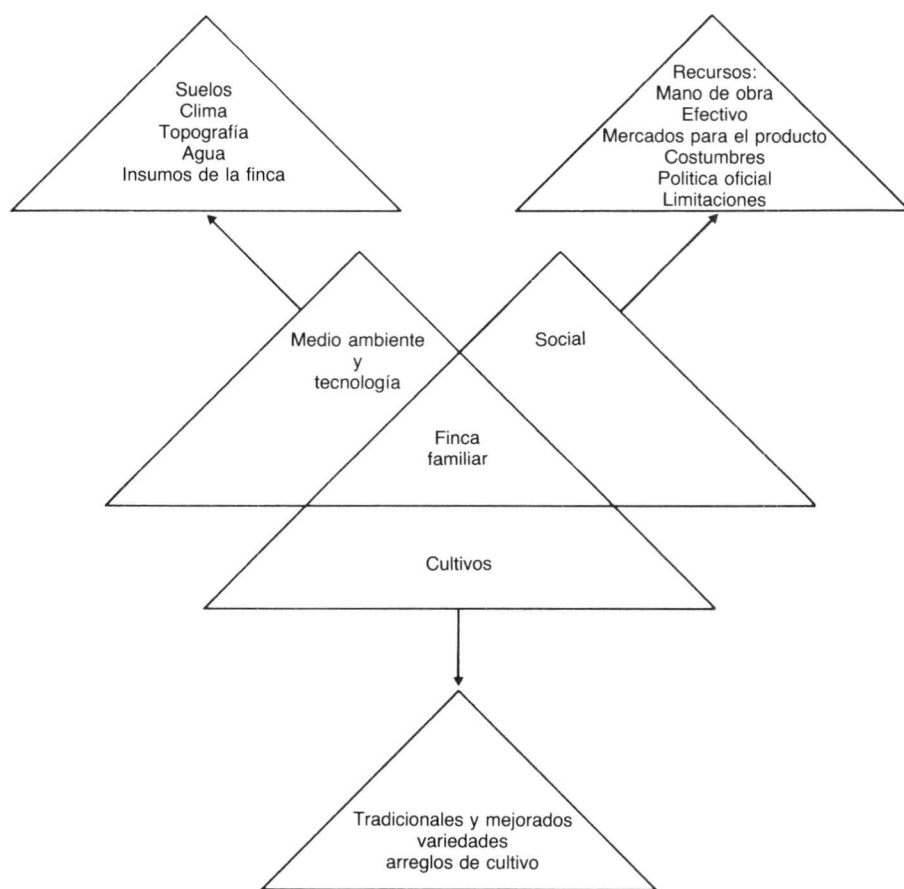


Fig. 2 Sistemas de cultivo múltiple.

Ciencias Animales. El programa de Ciencias Animales utilizó cerca del 14% del presupuesto asignado durante estos diez años en 49 proyectos con un costo promedio de Can\$230.000 dólares y una duración promedio de 35 meses. Estos proyectos se han desarrollado en 21 países: 53% en América Latina; 14% en África; 12% en el Medio Oriente; 10% en Asia y el resto en Canadá.

Puesto que, en términos de conversión biológica de energía y uso de la tierra, parece ser mas eficiente el empleo de las plantas como alimento directo de los seres humanos que a través de productos animales intermedios, muchos comentaristas no tienen una opinión favorable de la investigación en producción animal. Tal razonamiento es válido en aquellos casos en que los cereales, las leguminosas, las semillas oleaginosas o los tubérculos comestibles apropiados para el consumo humano son suministrados como alimento a los animales. No obstante, los animales de granja pueden convertir muchas formas de vegetación, subproductos agrícolas y desperdicios rurales e industriales en leche, huevos, carne y otros productos comestibles. En consecuencia, el programa le otorga prioridad a los sistemas de producción animal que incorporan pastos mejorados en tierras marginales no aptas

para los cultivos alimenticios y a la utilización de subproductos agrícolas, industriales y domésticos no aptos para el consumo humano directo. La investigación sobre líneas animales nativas y bien adaptadas que sobreviven y se desarrollan en forma óptima en comparación con las especies exóticas, ocupa un lugar de importancia en el programa.

Pesquería. En pesquería se aprobaron 42 proyectos con un costo promedio de Can\$220.000 y una duración aproximada de 35 meses, en 20 países así: un 38% en Asia, un 30% en América Latina, un 14% en África, un 10% en el Medio Oriente y el resto en Canadá. Las investigaciones en pesquería se ubican en dos categorías amplias: acuicultura y maricultura — el cultivo de plantas y animales acuáticos en agua dulce, salobre, marina y costera; y el mejoramiento de la pesquería artesanal.

La mayoría de los proyectos se concentra en la pesca como fuente alimenticia para las comunidades rurales pobres, aunque algunos reconocen la importancia de la pesca como producto de efectivo. Los proyectos de acuicultura y maricultura han incluido la cría, el control de enfermedades, el cultivo en jaulas, y otros sistemas de manejo para especies de agua dulce, salada y salobre. Es posible que las inversiones futuras se orienten más a las plantas acuáticas y a la pesquería artesanal costera y lacustre, incluyendo tecnologías eficientes energéticamente y de bajo costo para la pesquería a pequeña escala.

Silvicultura. En silvicultura se aprobaron 42 proyectos con un costo promedio de Can\$225.000 y una duración aproximada de 38 meses. Cerca del 57% de estos proyectos se desarrolló en África; 17% en América Latina; 17% en el Medio Oriente y 7% en Asia. Los productos forestales proveen la única fuente de combustible a más de la tercera parte de la población mundial. En las zonas rurales de África Occidental la compra de madera combustible absorbe más del 35% y las mujeres gastan muchas horas recorriendo grandes distancias para recoger la leña con que calientan sus hogares y cocinan sus alimentos. Por consiguiente, se ha otorgado prioridad a las investigaciones sobre silvicultura social, incluyendo el establecimiento de bosques madereros y el cultivo de árboles para el suministro de combustible y materiales de construcción para los hogares y granjas campesinos. Se cultivan especies productoras de madera, de rápido crecimiento y resistentes a la sequía, las cuales a través de sus sistemas de bombeo de nutrientes en la raíz profunda, suministran forraje para los animales de la granja y/o fertilizantes en forma de desperdicios foliares para otros cultivos. Estos proyectos, en las cercanías del Sahara, tratan de desarrollar barreras arbóreas para proteger los cultivos alimenticios y la tierra cultivable contra los vientos desecadores y las tormentas de arena.

Sistemas Postcosecha. El grupo de Sistemas Postcosecha (PPS) ha auspiciado 91 proyectos con un costo promedio de Can\$100.000 y una duración aproximada de 31 meses. Cerca del 41% de los proyectos de postproducción se han desarrollado en Asia; el 31% en África; el 9% en el Medio Oriente; el 9% en América Latina y el resto en Canadá. El programa de sistemas postcosecha ha concentrado sus esfuerzos en la recolección, secado, almacenamiento, procesamiento, distribución y consumo de los cereales en grano, las leguminosas alimenticias y las raíces comestibles. Los proyectos más recientes están dedicados a la preservación y procesamiento del pescado, las

oleaginosas, las frutas tropicales y los vegetales. Los objetivos centrales de estos proyectos incluyen la integración ordenada de los sistemas de producción y postproducción, la estimulación entre los científicos de una mayor preocupación por la calidad comestible y la utilidad, así como por la superioridad agronómica de los productos, y una mayor conciencia entre los especialistas en alimentos de la influencia que la historia genética y agronómica tiene sobre las propiedades que controlan la calidad nutritiva.

Puesto que los sistemas de postproducción abarcan todas las actividades esenciales desde el momento y el lugar de la recolección hasta que el producto final, cualquiera sea su forma, es consumido por el público, el grupo de Sistemas Postcosecha ha buscado generar, entre los países en desarrollo y la comunidad internacional de donantes, conciencia de la importancia de un enfoque total de sistemas para las tecnologías postcosecha. En la Figure 3 se ilustra un sistema postcosecha total de granos.

Grupo de Economía Agrícola. El Grupo de Economía Agrícola (AEG) brinda un servicio complementario a los otros cinco grupos de programas en la identificación, definición, ejecución y evaluación de proyectos. El AEG se cerciora de que se preste la atención debida a los factores microeconómicos y sociales y a las consecuencias y beneficios que derivarán de la investigación aplicada que se apoya. El AEG colabora en el diseño de métodos de investigación que tengan en cuenta las necesidades, actitudes y limitaciones de aquellos productores, procesadores, distribuidores y consumidores que cada proyecto trata de beneficiar.

Personal de la División. Si bien CAAN no dirige las investigaciones, el programa que hemos descrito fue posible por los esfuerzos del experimentado personal científico de la División, a quien se le exigen tres cualidades indispensables: un alto grado de competencia investigativa profesional, experiencia directa en investigación en los países en desarrollo, y dedicación personal al servicio de las necesidades de los pobres rurales. De los quince científicos que participaron en los seis programas mencionados en este capítulo y del Grupo de Operaciones, responsable por el apoyo técnico y administrativo, más de la mitad ha colaborado con el Centro por más de ocho años. A nivel colectivo, el personal de CAAN representa aproximadamente 250 años/hombre de experiencia en países en desarrollo y programas internacionales de desarrollo. Los miembros más antiguos de la familia CAAN llegaron después de experiencias con otros organismos de ayuda científica; la mayoría de los miembros más jóvenes trabajó anteriormente en los países en desarrollo con organismos tales como el Servicio Universitario Canadiense en el Exterior (CUSO) y los Cuerpos de Paz.

En los últimos cinco años, el personal de la División ha permanecido relativamente constante en términos numéricos. En 1975 había 20 profesionales, en la actualidad hay 22. Durante el año fiscal 1975-76 la División tuvo a su cargo 117 proyectos en curso, con una tasa de recepción de proyectos nuevos de casi 40 al año. En este año fiscal, 1980-81, tenemos más de 210 proyectos en curso; el próximo año talvez se aprobarán unos 65 nuevos. La proporción numérica de proyectos por personal científico de la División es básicamente el doble de la que había hace cinco años. En el año fiscal 1975-76 el costo promedio por proyecto fue de 236.000 dólares, en el año 1979-80 de

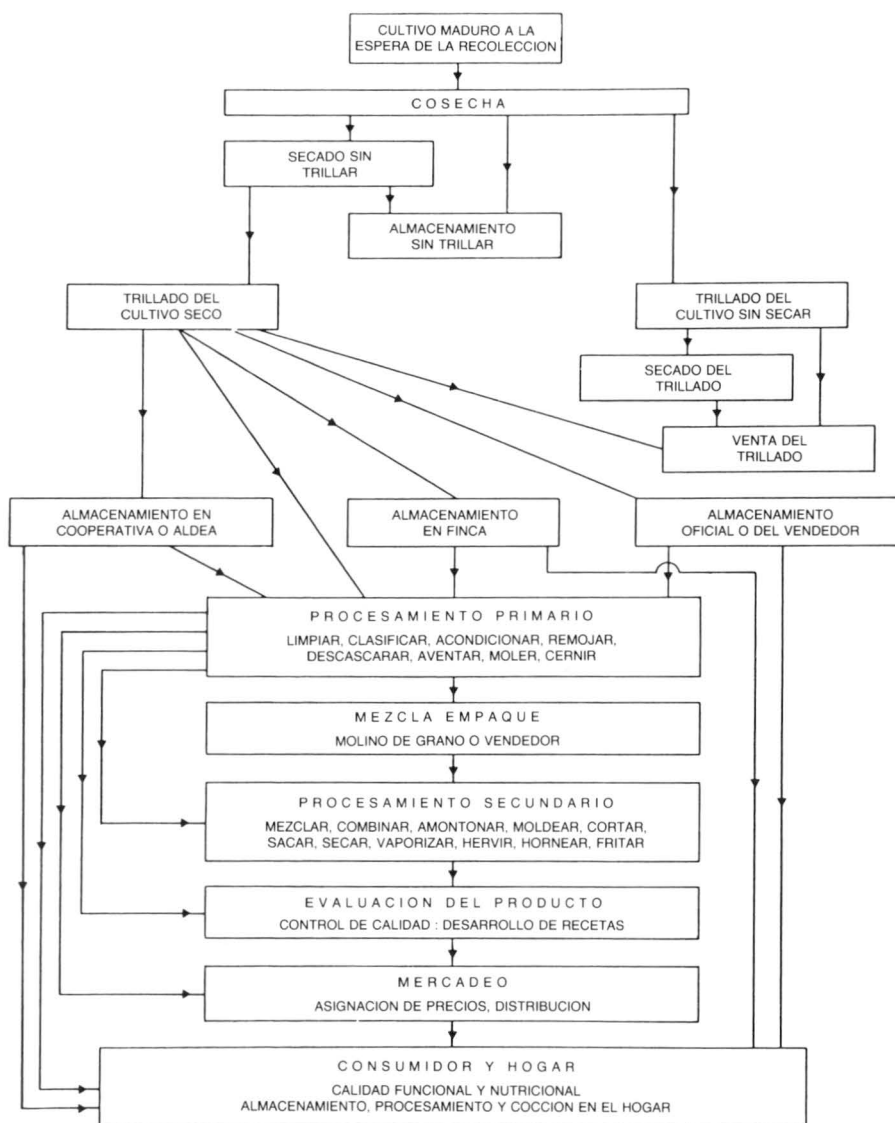


Fig. 3 Sistema total de postproducción de granos.

214.000. Teniendo en cuenta la inflación y la devaluación de facto del dólar canadiense, el poder adquisitivo de la División fue un poco superior en 1980 que en 1975.

No se puede pensar que una oficina en Ottawa sea el lugar ideal para juzgar las necesidades de investigación agrícola de otros países. Por ello, desde el comienzo, la mayoría del personal del programa de la División fue asignado a los países en desarrollo o a las universidades canadienses fuertes en las disciplinas pertinentes. Los Directores Asociados de Pesquería y Ciencias Animales tienen su base en la Universidad de Columbia Británica, el grupo de Sistemas Postcosechas se ubica en la Universidad de Alberta y,

hasta hace poco tiempo, el Director Asociado de Silvicultura se ubicaba en la Universidad Laval. El Grupo de Cultivos y Sistemas de Cultivo está distribuido en varios países en desarrollo de Asia, el Medio Oriente y América Latina. Los dos primeros Directores Asociados de Ciencias Animales estuvieron radicados en Colombia; un funcionario de Pesquería trabaja en Singapur y otros miembros del personal del programa se encuentran en Senegal, Kenia y Singapur.

Este patrón de descentralización tiene por objeto mantener una actitud de expectativa ante las oportunidades y dificultades del momento en los países en desarrollo, junto con una concentración mayor en la investigación científica y el desarrollo rural que en la burocracia urbana.

En muchos proyectos los científicos trabajan relativamente aislados y si no contaran con el contacto y el apoyo regulares del CIID, tendrían pocas oportunidades de reunirse, comunicarse o aprender de otros investigadores con intereses similares y actividades comunes. Por lo tanto, buena parte del tiempo del personal de la División se utiliza en visitar los proyectos, no solo para garantizar un satisfactorio progreso técnico sino, mas importante, para brindar asesoría y estímulo y facilitar el acceso a fuentes de información en áreas de interés particular. Es motivo de gran preocupación el hecho de que la proporción aumentada de proyectos en relación con el personal de la División haya resultado en contactos personales menos frecuentes que durante los primeros cinco años del programa.

En el desempeño de sus actividades y responsabilidades, el personal científico de la División emplea en viajes un promedio de 128 días al año, algunos más de 170. El año de trabajo estipulado para el personal de la sede central es de 220 días. La contribución que a la División hacen los cónyuges y familiares del personal, enfrentando largas y frecuentes separaciones, merece nuestro reconocimiento especial.

Respuestas para el Futuro

La algarabía de los ricos de los países desarrollados y en desarrollo sobre el tema de los combustibles fósiles está opacando un aspecto de importancia crucial para la gran mayoría de los pueblos del mundo: el descenso de la producción per cápita y la escalada continua de los costos de los alimentos básicos. La FAO, el Grupo del Banco Mundial, y el Instituto Internacional para la Investigación de Políticas Alimenticias (IFPRI) presentan simultáneamente pronósticos pesimistas sobre la disponibilidad de alimentos en los próximos veinte años. El cuadro 1 muestra el cambio ocurrido por continentes en la producción alimenticia per cápita entre 1960 y 1970. Solo en Asia, donde se han adoptado a gran escala los cultivares mejorados de arroz y de trigo, se observa un discreto incremento. Investigaciones recientes indican que mientras la producción total de alimentos en África ha aumentado aproximadamente en 0,5% al año, la población ha aumentado en un 3% y la demanda de alimentos en un 5%.

Tenemos la esperanza de que el apoyo del CIID a la investigación aplicada ayude a aliviar pronto esta dolorosa situación y de que en el futuro las naciones menos desarrolladas disfruten una cuota mas equitativa de los recursos mundiales.

Cuadro 1. Cambio en la producción alimenticia per capita entre los años sesentas y los setentas (%).

	1961-70	1970-78
Africa	0	-1,3
América Latina	0,7	0,6
Asia y Lejano Oriente	0,2	0,5
Cercano Oriente	0,5	0,4
Todos los países en desarrollo	0,4	0,2
Países en desarrollo mas pobres (menos de \$200 per capita)	0,1	-0,1
Países desarrollados	2,4	2,2

Fuente: estadísticas de la FAO.

El capítulo siguiente describe los proyectos realizados por científicos, tecnólogos y habitantes del sector rural en más de 60 países en desarrollo, así como la investigación de apoyo que se lleva a cabo en Canadá. En unos pocos casos los resultados de los proyectos han sido espectaculares; en la mayoría el progreso alcanzado justifica la confianza depositada en aquellos que tuvieron a su cargo el diseño y la ejecución de dichos proyectos. El conjunto ilustra los beneficios potenciales para los pobres del campo a partir de una inversión relativamente modesta en la investigación aplicada.

Capítulo 2



Africa

En aras de la conveniencia administrativa y, hasta cierto punto, por razones etnológicas y agroclimáticas, las actividades del CIID en Africa se clasifican de acuerdo con los países servidos por sus tres oficinas regionales: Oficina Regional para Africa Oriental (EARO) en Nairobi, Oficina Regional para Africa Occidental (WARO) en Dakar y Oficina Regional para el Medio Oriente (MERO) en el Cairo. Los países del Maghreb, Marruecos, Túnez y Algeria, se incluyen con Egipto, Sudán y aquellos países en desarrollo que con sus vecinos rodean el extremo oriental del Mediterráneo.

Incluyendo los países norafricanos, el continente africano puede considerarse como una meseta con una superficie cercana a los 30 millones de kilómetros cuadrados, lo que representa una cuarta parte de la masa terráquea; 40% de este territorio está constituido por estepas y 33% por sabanas. La meseta elevada, a una altitud entre 500 y 1500 metros, representa las dos terceras partes del continente; el territorio restante consiste principalmente de tres grandes depresiones: el Sahara, en el norte, la cuenca de Kalahari en el sur, y la cuenca del Río Congo en el centro.

Desde el punto de vista fitogeográfico, Africa se compone de tres zonas: la zona subtropical del norte que bordea al Mediterráneo por el norte y se fusiona con el Sahara por el sur; la zona ecuatorial que en buena parte corresponde a la categoría tropical; y la zona africana del sur. En las tres zonas la precipitación atmosférica varía considerablemente, desde tierras áridas o semiáridas hasta tierras de fuerte precipitación de los trópicos húmedos. Si se excluyen los principales países exportadores de petróleo del norte y los industrializados del sur, la población rural representa entre el 80 y el 90% de un total de mas de 400 millones de habitantes. Al mismo tiempo, la tasa de crecimiento urbano que sobrepasa el 5%, está entre las mas elevadas del mundo. Mas del 60% del total de áreas cultivadas en el Africa tropical se dedica a la agricultura de subsistencia, no obstante que Africa produce una tercera parte del café del mundo y tres cuartas partes del cacao. La agricultura representa el 36% del producto nacional bruto del Africa y el 60% de sus ingresos por exportaciones. El 60% de la tierra y el 80% de la fuerza de trabajo se dedican a la producción de subsistencia.

Con muy pocas excepciones, los africanos, especialmente aquellos que habitan en las regiones tropicales áridas y semiáridas, se encuentran entre las poblaciones mas pobres y con menor nivel de desarrollo tecnológico del mundo. De los 74 países que conforman el continente, 27 se clasifican como Países Mas Seriamente Afectados (MSA), 20 como Países en el Menor Grado de Desarrollo (LLDC) y 27 como Países Menos Desarrollados (LDC). (Véase la lista de siglas y abreviaturas para las definiciones).

Pese al predominio de la agricultura de subsistencia, el crecimiento de la población sobrepasa el incremento en la producción de cultivos alimenticios y se anticipa que para 1985 el déficit de granos en los países mas pobres se acercará a los 15 millones de toneladas. Si se tiene en cuenta que muchos países africanos recibieron de sus antiguos colonizadores un legado pobre en ciencia y tecnología, este es el continente que generalmente presenta mas dificultades para ejercer la política del CIID de prestar apoyo a los esfuerzos investigativos existentes a nivel local. No obstante, dada la enorme dependencia de la agricultura de subsistencia, es en Africa donde se aprecia la necesidad mas imperiosa de combatir la pobreza rural mediante la investigación y el desarrollo agrícolas. Por tanto, pese a las dificultades, cerca del 30% de los 436 proyectos aprobados por CAAN han sido para los países africanos al sur del Sahara. Aproximadamente el 15% del presupuesto total de la década se ha invertido en Africa Occidental, con un 8% para 21 proyectos en los países sahelianos Senegal, Malí, Alto Volta y Níger.

La División otorgó prioridad a los trópicos semiáridos (TAS) y algunos de sus primeros proyectos incluyeron molienda y utilización de granos, cruce del sorgo y preservación de granos, intercultivo del sorgo, mejoramiento del sorgo, del mijo y del guandul en los países africanos de estas regiones. Antes de que las sequías que asolaron el Sahel a comienzos de los setentas centraran la atención mundial en esta zona, la División ya era consciente de la seria condición de los habitantes de estos países, donde el deterioro del suelo se veía agravado por el sobrepastoreo y/o el sobrecultivo y donde la destrucción de la capa vegetativa y la exposición del suelo a la erosión del viento y de las lluvias parecía un proceso en buena parte irreversible. Desde entonces ha sido necesaria mucha investigación para estimular y capacitar a los científicos africanos en el desarrollo de sistemas agrícolas mas ordenados y conservacionistas con base en cereales, granos, leguminosas y otros cultivos alimenticios aceptados y adaptados.

Asimismo, se reconoció la fuerte dependencia que los habitantes de estas regiones tienen de la madera como única fuente de combustible y la necesidad de combinar árboles con otros componentes de la economía rural para proteger el suelo y los cultivos de los vientos y las tormentas de arena y como materiales para construcción, forraje y combustible. Se pudo comprobar que muchas mujeres africanas emplean casi diez horas diarias en cargar agua, conseguir leña y moler granos. Como resultado, a más de la investigación agronómica sobre cultivos alimenticios en los TSA, la División ha financiado más de 20 proyectos de silvicultura social y cerca de 20 proyectos de postproducción, relacionados en su mayor parte con el almacenamiento y el procesamiento de cereales y leguminosas de subsistencia. La División de Ciencias de la Salud del CIID presta atención a los problemas del suministro de agua y saneamiento rural. El Cuadro 2 presenta las apropiaciones totales y el número de proyectos en los países africanos.

Investigación sobre Cultivos

Más del 25% de los proyectos y apropiaciones para la investigación sobre cultivos se ha invertido en 17 países de Africa. Desde un comienzo se dió prioridad al sorgo, al mijo perlado y posteriormente a las leguminosas

Cuadro 2. Total de apropiaciones y número de proyectos en los países africanos.

País	Cultivos y sistemas de cultivo		Pesquería		Ciencias Animales		Silvicultura		Sistemas postproducción	
	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos
Alto Volta	734,4 (80%)	3 (60%)							187,3 (20%)	2 (40%)
Botswana									205 (100%)	2 (100%)
Burundi	251,8 (100%)	1 (100%)								
Camerún	546 (71%)	2 (66%)					220,5 (29%)	1 (34%)		
Congo-Brazzaville	105 (100%)	1 (100%)								
Etiopía	2227 (90%)	7 (78%)			150 (6%)	1 (11%)			108,3 (4%)	1 (11%)
Ghana			527,1 (45%)	1 (14%)			347,3 (30%)	2 (29%)	284,5 (25%)	4 (57%)
Kenia	804,7 (17%)	5 (28%)	197,1 (4%)	1 (6%)	1440 (31%)	4 (22%)	2140 (46%)	6 (33%)	72,4 (2%)	2 (11%)
Malawi							203 (100%)	1 (100%)		
Malí	700 (49%)	2 (25%)					504,6 (35%)	3 (37,5%)	216,4 (16%)	3 (37,5%)
Mozambique	271,3 (100%)	1 (100%)								
Níger	153 (28%)	1 (25%)					306,2 (57%)	2 (50%)	80,7 (15%)	1 (25%)
Nigeria	565,2 (29%)	3 (25%)			283,2 (14%)	2 (17%)	821,9 (41%)	4 (33%)	323,3 (16%)	3 (25%)

Rwanda	197 (42%)	1 (50%)	276,1 (58%)	1 (50%)				
Sierra Leona	126 (19%)	1 (16%)	321,8 (48%)	2 (34%)			228,2 (33%)	3 (50%)
Senegal	2558,6 (67%)	5 (46%)			709 (19%)	3 (27%)	542,1 (14%)	3 (27%)
Somalia	276,9 (100%)	1 (100%)						
Swazilandia	143,4 (95%)	1 (50%)					7 (5%)	1 (50%)
Tanzania	123,7 (73%)	5 (56%)			238,2 (14%)	2 (22%)	212 (13%)	2 (22%)
Togo	53,4 (22%)	1 (50%)	190,1 (78%)	1 (50%)				
Uganda	882,4 (100%)	5 (100%)						
Zambia							101 (100%)	1 (100%)

resistentes a la sequía, cultivadas por agricultores de subsistencia en el este, oeste y norte de África y en el Medio Oriente. El Director Asociado hizo parte de la misión que sentó las bases para crear el Instituto Internacional de Investigación sobre Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT) y dirigió el equipo que definió por primera vez su programa cooperativo en África.

Sorgo

El proyecto de mejoramiento del sorgo en Etiopía, iniciado en 1972, representa uno de los mejores ejemplos de lo que los fundadores del CIID tenían en mente cuando enfatizaron la necesidad de apoyar los esfuerzos locales. El sorgo es un producto realmente autóctono de Etiopía y es cultivado por lo menos en un millón de hectáreas por agricultores de subsistencia a altitudes que van desde el nivel del mar hasta mas allá de los 2.500 metros. Etiopía es la cuna de muchos tipos de sorgos silvestres y cultivados que se emplean en sus propios programas de selección y cruce y se distribuyen además a los cultivadores del producto en todo el mundo.

La primera etapa del proyecto tuvo un comienzo humilde en la Escuela de Agricultura Alemaya de la Universidad de Addis Abeba. Desde entonces y a pesar de las adversidades políticas y de otro tipo, el proyecto evolucionó hasta convertirse en el Programa Nacional de Mejoramiento del Sorgo. La investigación comenzó con el análisis de las colecciones existentes de germoplasma de sorgo y con el cruce de los tipos superiores mejor adaptados a las altiplanicies etíopes. Posteriormente se incluyeron los tipos propicios para tierras bajas y/o altiplanicies lo cual implicó análisis a gran escala de los materiales nativos y del germoplasma proveniente de otros programas de sorgo, ensayos agronómicos en las granjas, estudios pre y postcosecha, junto con la investigación sobre calidad de cocción.

Recientemente, el proyecto ha buscado tipos de sorgo resistentes a la maleza parasitaria *Striga* que afecta severamente el cultivo. El programa de producción se ha integrado ahora a la investigación sobre molienda y utilización del sorgo, a la cual nos referiremos en la sección dedicada a las actividades de postproducción. En conjunto, se han clasificado mas de 5.000 tipos de sorgo nativo en una colección que permite ver la enorme diversidad genética. De gran potencial nutritivo, aunque aún sin explotar, fue el descubrimiento de un sorgo nativo con un alto contenido de lisina genéticamente controlada. Desafortunadamente, este sorgo presenta un grano de calidad inferior y los fitomejoradores no han logrado aún combinar el alto contenido de lisina con las características deseables de grano.

Al comienzo de la investigación, el rendimiento promedio del sorgo en la tierra de los agricultores era menos de una tonelada por hectárea. El proyecto ha descubierto cultivares, ya entregados a los agricultores, que producen tres a cuatro toneladas por hectárea, y algunos híbridos desarrollados recientemente producen de 7 a 8 toneladas por hectárea en tierras bajas con precipitación adecuada. La Corporación Etíope de Semillas multiplica ahora semillas de las variedades con rendimientos potenciales de hasta ocho toneladas por hectárea en el altiplano y con lluvias adecuadas.

Quizás lo más importante, en términos de sus implicaciones para el desarrollo y de los logros técnicos del proyecto, ha sido el establecimiento del semiautónomo Programa Nacional Etíope de Mejoramiento del Sorgo. Además de sus actividades de investigación, desarrollo y demostración, el Programa mantiene contactos estrechos a nivel internacional con el ICRISAT y otros programas nacionales de sorgo con los cuales intercambia germoplasma, y con el Instituto Etíope de Nutrición para asegurar que las cualidades nutritivas se combinen con las características agronómicas deseables.

Igualmente satisfactorio para la División, si bien por razones diferentes, ha sido observar el progreso logrado en dos proyectos de mejoramiento de cultivos en tierras semiáridas realizados en Uganda: uno en la Universidad Makerere, el otro en lo que era anteriormente una estación de investigación de la Comunidad de Africa Oriental. A pesar de los problemas políticos internos y de la partida de la mayoría de los asesores extranjeros y del personal de los donantes bilaterales, el CIID continuó apoyando a los jóvenes investigadores ugandeses. La confianza depositada por el Centro en estos valientes y devotos jóvenes se vió ampliamente justificada. En medio de los problemas no solo continuaron haciendo importantes progresos técnicos sino que manejaron y respondieron en forma adecuada por los recursos suministrados por el CIID durante el largo período en que las condiciones del país no permitían que el personal de CIID visitara el proyecto. Tal vez por la relación que se ha creado entre CAAN y los científicos agrícolas de Uganda, relación que se puede considerar como única en su género, el gobierno de este país ha invitado al CIID para que envíe una misión con el objeto de definir las prioridades inmediatas y futuras en materia de investigación agrícola.

El proyecto de Serere comenzó con el cruce y selección de cultivares de sorgo resistentes a los ataques de las aves y la mosca del sorgo, a las enfermedades foliares y a las malezas parasitarias. Posteriormente, el equipo investigativo centró su atención en el mejoramiento del mijo (*Eleusine coracana*), un grano alimenticio probablemente originario de la región de Uganda donde se sigue sembrando a altitudes entre los 1.000 y los 2.000 metros. Puesto que los métodos tradicionales de cultivo dan un rendimiento de 600 a 1.800 kilos por hectárea, el énfasis del proyecto ha estado en la selección y manejo agronómico para obtener rendimientos superiores y mas estables, granos blancos, resistencia a las enfermedades predominantes, e identificación de las líneas masculinas estériles con miras a la hibridización. Este proyecto ha suministrado material de reproducción a varios países africanos.

El proyecto de la Universidad Makerere ha sido complementario en cuanto se ha concentrado en el control fisiológico de las características deseables en el sorgo y en el mijo, conjuntamente con investigaciones para mejorar las prácticas tradicionales de cultivo asociado en que se combinan sorgo, mijo y guandul. Buena parte de la investigación, que incluyó pruebas de sistemas de cultivos en la granja de la Universidad y en pequeños terrenos manejados por agricultores ugandeses, fue efectuada por estudiantes en especialización. A partir de 1972, los dos proyectos han sido dirigidos exclusivamente por científicos ugandeses.

En el año de 1972 se inició en Senegal un proyecto de mejoramiento del

sorgo interesante en varios aspectos. En un comienzo no había personal nativo con la suficiente preparación para dirigir el proyecto; en efecto, la mayoría de los jefes de proyecto del Centro Nacional de Investigaciones Agronómicas (CNRA) era de nacionalidad francesa. A solicitud del gobierno de Senegal, el CIID envió un fitomejorador haitiano como asesor científico del programa de mejoramiento del sorgo del CNRA, e hizo los arreglos necesarios para que durante el proyecto 14 africanos occidentales francófonos adelantaran cursos de postgrado en diversas disciplinas científicas agrícolas en la Universidad Laval e hicieran su investigación de tesis en el CNRA.

Los resultados del proyecto incluyen genotipos de sorgo de alto rendimiento y grano de buena calidad que maduran en menos de cien días, lo que permite recoger la cosecha antes de que termine la época de lluvias. Después de la cosecha, la tierra puede volverse a arar todavía húmeda. La cosecha siguiente se siembra inmediatamente después de las primeras lluvias para aprovechar la descarga de nitrógeno del suelo liberada por las lluvias. La recolección antes de que termine la estación de lluvias produce una cosecha húmeda por lo cual la rápida maduración ha sido combinada por los fitomejoradores con la resistencia a la infección fungosa.

Para otras regiones del país se han desarrollado y ensayado tipos de sorgo que maduran en 120 días y con un potencial de rendimiento entre seis y ocho toneladas por hectárea. Estos tipos han sido ensayados en seis subestaciones investigativas y distribuidos a más de 120 pequeños agricultores para ensayos en la granja. El proyecto, actualmente bajo la dirección de científicos senegaleses capacitados durante la primera etapa, está conectado



Recolección de sorgo para análisis experimentales en el CNRA, Senegal.

con un proyecto de investigación postcosecha, al cual nos referiremos mas adelante.

Los tipos rendidores de sorgo están siendo ensayados ahora en parcelas del sur de Senegal donde se compara la productividad resultante de métodos agronómicos mejorados con la de los sistemas tradicionales.

Hace poco comenzó un proyecto de mejoramiento de sorgo en Somalia, país con un ingreso promedio per cápita anual por debajo de los Can\$250 y en donde más del 80% de la población depende de la agricultura y solo el 13% de la tierra es cultivable. Aproximadamente la mitad de la tierra cultivada se dedica al sorgo, con un rendimiento promedio un poco mayor a $\frac{1}{3}$ de tonelada por hectárea. La insuficiencia crónica de suministro alimenticio nativo se ha visto agravada seriamente por la gran inmigración procedente de Etiopía. El Instituto de Investigaciones Agrícolas de Somalia ha solicitado la ayuda del CIID para introducir sistemas de cultivo en pequeña granja que produzcan rendimientos significativamente superiores de sorgo. Se considera que gran parte de la experiencia ganada en el proyecto de sorgo de Etiopía será benéfica al proyecto de Somalia.

Malezas Parasíticas. La maleza parasitaria del género *Striga* causa daños considerables a las cosechas de sorgo, mijo, maíz y otros cultivos de Africa, ocasionando pérdidas en rendimiento superiores al 50% en las tierras mas infestadas. Cada planta de *Striga* arroja millones de semillas que permanecen inactivas en el suelo hasta que su germinación es estimulada por una emanación de las raíces del sorgo o de cualquier otro hospedero. Después de germinar, la *Striga* se adhiere al sorgo y crece parasitariamente, debilitando al hospedero y disminuyendo su producción de materia vegetal. Bajo contrato con el CIID, científicos de Irán y Tanzania en la Universidad de Sussex (Canadá mantiene una interdicción fitosanitaria contra la importación de la *Striga*) han sintetizado compuestos que simulan la emanación de las raíces y hacen germinar la *Striga* en condiciones de laboratorio. La potencia de estos análogos es extraordinaria, la germinación de la *Striga* se induce en concentraciones de una parte en 10^{12} .

En colaboración con el ICRISAT, científicos del Alto Volta están tratando los suelos invadidos por la *Striga* con el estimulante sintético de la germinación que la hace crecer y, ante la ausencia de una planta hospedera, morir antes de que se siembre el sorgo. Debemos anotar que si bien los estimulantes sintéticos de la germinación funcionan en forma satisfactoria en determinadas condiciones, aún falta mucho por aprender sobre su interacción con diferentes suelos y medios. Además del control mediante la germinación inducida, los agrónomos y expertos en malezas de Kamboinse estudian otros herbicidas, seleccionan sorgos y mijos con menor emanación de las raíces y resistencia a la *Striga*, y ensayan prácticas agronómicas que eliminan o reduzcan al mínimo las pérdidas parasitarias. Todos estos factores están siendo ensayados en emplazamientos de características diferentes. La investigación ya ha descubierto la inmensa complejidad de la resistencia y susceptibilidad de la *Striga* que presenta marcadas diferencias a latitudes ligeramente diferentes. Por encima de los 13°N el mijo perlado es altamente susceptible, y el sorgo es relativamente poco atacado. Entre los 12° y 13°N, tanto el sorgo como el mijo son susceptibles. Cerca de los 12°N, el

sorgo presenta la mayor susceptibilidad; entre los 10° y los 12°N, tanto el sorgo como el mijo son atacados por razas diferentes de *Striga*.

Otra plaga importante del sorgo es la mosca del sorgo (*Atherigona soccata*). Como la mayoría de los cultivadores de sorgo en el mundo en desarrollo está constituida por minifundistas que no están en capacidad económica de controlar estas plagas mediante el uso de químicos, el método mas indicado para reducir las pérdidas es la producción de cultivares resistentes. Esta tarea ha sido emprendida como parte del programa del ICRISAT y, paralelamente, la División auspicia un programa de investigación básica en el Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos (ICIPE) en donde los científicos investigan el comportamiento de los insectos y los factores ambientales que influyen en su dinámica poblacional. La resistencia a esta mosca se manifiesta de diversas maneras. Algunos tipos de sorgo generan antibiosis y se han realizado intentos por aislar e identificar la sustancia química que lo hace posible. Otros tipos de sorgo exhiben capacidad de regeneración después del ataque, fenómeno análogo al de la sobrevivencia a las sequías que puede ser controlado mediante hormonas.

El Instituto de Investigaciones Agrícolas de Rwanda busca establecer métodos mejorados de producción para el sorgo, el tritical y el girasol en diversas localidades representativas de su variado ambiente agroecológico. Los ensayos agronómicos determinarán las mejores condiciones para estos cultivos.

Tritical

Con base en los éxitos alcanzados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y en la Universidad de Manitoba, el Centro ha auspiciado esfuerzos en Etiopía y en Kenia para establecer el tritical como cultivo viable. En estos dos países, el híbrido tritical demostró poseer características agronómicas apropiadas a condiciones adversas, incluyendo suelos pobres, arenosos y ácidos, así como su resistencia a la roya y al añublo. Debido a su mayor resistencia a las enfermedades durante un año adverso, en varias regiones de Kenia los rendimientos del tritical casi doblaron los de variedades establecidas de trigo. Desafortunadamente, aunque las pruebas de molienda y procesamiento en laboratorio, así como los estudios a pequeña escala sobre aceptación del consumidor, indican que el tritical puede substituir otros granos establecidos en comidas tradicionales y adoptadas, la poca familiaridad con el tritical por parte de los consumidores rurales y de los pequeños agricultores funciona en contra de su rápida aceptación como grano alimenticio. El trabajo que se adelanta sobre utilización del tritical en la Escuela Egerton en Njoro, Kenia, se ha concentrado en la elaboración de recetas. En estudios de aceptación efectuados entre estudiantes, mas de cien respuestas indicaron que las rosquillas (*mandazi*) hechas 100% con tritical eran "tan buenas como" o "iguales a" las mandazi familiares hechas con trigo. Tanto estos, como los estudios de elaboración de recetas, indican que la harina de tritical descascarado puede ser introducida en las recetas domésticas.

Arroz

Aunque la importancia económica general del arroz es mayor en las zonas asiáticas de elevada precipitación, su demanda en muchos países africanos es muy alta y las importaciones anuales del producto se acercan a los \$150 millones de dólares. En gran parte como respuesta a los esfuerzos realizados por la Asociación para el Desarrollo del Arroz en Africa Occidental (WARDA), a la cual el CIID ha apoyado durante varios años, la producción anual de arroz en esta región ha aumentado de 1,8 a mas de 2,5 millones de toneladas durante los últimos diez años. En Africa Occidental la producción arroceras es propicia en zonas de precipitación elevada y en algunos suelos de los TSA que pueden ser irrigados por lagos o ríos. Un total de catorce naciones del Africa Occidental cooperan en forma conjunta con las actividades de WARDa para hacer de Africa Occidental una región autosuficiente en arroz.

En Fanaye, cerca de Richard Toll, junto al río Senegal, se ubica un proyecto dirigido por WARDa para mejorar la producción y los sistemas de cultivo del arroz en las pequeñas granjas de Africa Occidental. Por siglos, el río ha depositado en Fanaye tierras arrastradas a lo largo de su curso. Por tanto, la estación de Fanaye ofrece toda una gama de suelos representativos del Valle Senegal y que van desde los que tienen un 70% de arcilla hasta los suelos aluviales con 20% de arcilla.

En la primera fase del proyecto el CIID auspició el desarrollo de instalaciones para el manejo de tierras y recursos hídricos en el lugar del experimento y la ACDI proveyó el capital básico y el alojamiento. Desde entonces, se han identificado cultivares de arroz de maduración rápida y rendimientos superiores a las siete toneladas por hectárea y resistentes a las bajas temperaturas y a las plagas y enfermedades predominantes de la zona. Se ha avanzado también en la determinación de los suelos óptimos y de los sistemas de manejo de fertilizantes y agua para los diferentes tipos de suelos y de arroz.

Actualmente se trabaja en el suministro de cultivares y métodos agronómicos apropiados para cada una de las tres posibles temporadas de siembra: la temporada cálida de lluvias cuando el arroz se siembra entre junio y agosto y se cosecha entre octubre y diciembre; la temporada fría y seca cuando se siembra en noviembre y se cosecha entre marzo y mayo; y la temporada cálida seca cuando se siembra en febrero y se cosecha en junio o julio.

A medida que se obtienen variedades mejoradas en la estación central, se hacen ensayos múltiples en las subestaciones de Senegal, Mauritania y Malí. Los estudios agroeconómicos sobre los métodos agrícolas existentes suministran la información básica para juzgar los beneficios de los cultivares mejorados de arroz y los sistemas mas productivos de siembra en pequeñas fincas.

Caupí

En colaboración con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), el Centro auspicia una red de proyectos de mejoramiento del caupí

en varios países de Africa Occidental. En el Alto Volta, los trabajos de cruce y selección del caupí se ocupan de identificar variedades resistentes a los insectos predadores predominantes en el medio, como los áfidos, los thrips, los chupadores, y los escarabajos del grano. El caupí, al igual que otras leguminosas alimenticias, lleva sus predadores del campo al almacenamiento, por tanto el proyecto de mejoramiento está integrado con el de almacenamiento que se describe mas adelante. El equipo de Kamboinse estudia tanto el tipo sensible como el insensible al fotoperíodo. La gran mayoría de los tipos locales son fotosensibles y tradicionalmente se siembran con el sorgo o el mijo inmediatamente después de las primeras lluvias. Al cruzar tipos fotosensibles con insensibles se producen diversos tipos de plantas que florecen en momentos distintos y maduran a diferentes tasas. La selección entre estas plantas permitirá su adaptación a diferentes patrones de cultivo. En este momento se llevan a cabo estudios agronómicos para proveer métodos confiables de intercultivo en relevo para las zonas de alta precipitación, y sistemas mixtos para las áreas del norte con pocas lluvias. El nivel promedio de lluvias en el Alto Volta varía desde más de 1300 mm en el sur, hasta menos de 400 mm en el norte, lo cual exige tipos de caupí y sistemas agronómicos apropiados para todas las regiones. En consecuencia, la investigación se realiza en tres estaciones diferentes, cada una con un patrón determinado de lluvias. Los criadores de ganado del Africa Occidental están también interesados en el caupí como cultivo para forraje. Una línea de caupí generó alrededor de 38 toneladas de materia vegetativa verde por hectárea.

Según se verá mas adelante, los estudios sobre fertilidad de suelos analizarán los beneficios de la roca fosfórica nativa procesada sobre los suelos deficientes en fósforo. Se cree que la capacidad del caupí para fijar nitrógeno, combinada con la roca fosfórica ayudará a remediar las dos principales deficiencias del suelo. Los contenidos de nitrógeno y de fósforo del suelo son determinados luego de diferentes períodos de cultivo. El proyecto que se realiza en el Alto Volta es el tema central de la película "Cofres de Proteína" producida por la División de Comunicaciones del CIID y utilizada con regularidad hoy en día en programas de capacitación.

También en el Alto Volta, en la Universidad de Ouagadougou, se realiza otro proyecto sobre leguminosas para investigar la resistencia del caupí a los ataques del gorgojo del grano. Este proyecto ofrece facilidades para el entrenamiento de alumnos de grado que estudian la biología y la ecología de estos animales, las relaciones planta-insecto y la eficiencia relativa de los métodos tradicionales y avanzados para protección de las plantas y eliminación de las plagas. Proyectos de mejoramiento del caupí, con objetivos similares, se auspician en Níger, Malí y Sierra Leona en donde, a mas de un programa de entrenamiento para científicos jóvenes, se estudian cultivos mejorados de caupí sembrados solos o en cultivos mixtos con cereales y otros productos alimenticios.

En la actualidad se adelanta un proyecto cooperativo entre el IITA y la Agencia Agro-Hidro Meteorológica de Níger con el propósito de identificar y cuantificar las características que le confieren al caupí resistencia a la sequía, así como de investigar los factores ecológicos pertinentes a la disponibilidad y empleo óptimo de los recursos hídricos en las áreas semiáridas productoras de caupí.



Cosechando las pruebas con caupí en Alto Volta.

En Sotuba, Malí, se reúne una interesante colección de tipos de caupí con muestras procedentes de Malí y de IITA y los países vecinos. El cruce y la selección tienen por objeto combinar el alto rendimiento con un grano blanco y grande de mayor aceptación entre los consumidores locales. Se estudian sistemas de cultivo mixto y en relevo con tipos de caupí que maduran en diferentes etapas, sembrados a distintos períodos después del maíz y otros cereales. Además de la influencia de las variaciones agronómicas sobre la productividad y la fertilidad residual del suelo, un experto en economía del hogar dedica su atención al estudio cuidadoso de aquellas características físicas esenciales que influyen en la calidad de cocción y la aceptabilidad del producto.

Guandul

El guandul es uno de los cultivos alimenticios mas resistentes a la sequía de todos los sembrados en Africa Oriental. Cuando la sequía es muy severa

en las zonas semiáridas que representan el 80% de la totalidad de la superficie de Kenia, el guandul es con frecuencia el único cultivo que produce una cosecha. En la Universidad de Nairobi, los científicos adelantan estudios detallados de tipos de guandul establecidos y exóticos. El proyecto combina la reproducción y los estudios agronómicos convencionales con investigaciones fisiológicas de base sobre el potencial de producción del grano, las tasas de transpiración y los patrones de crecimiento de las raíces entre los genotipos. Los resultados han demostrado significativas diferencias genotípicas en la resistencia a las manchas foliares, los barrenadores, los thrips y otras plagas y enfermedades. Se realizaron estudios en estaciones de investigación y varias pruebas en granja a altitudes hasta de 2.000 metros sobre el nivel del mar. Aunque la investigación tomará aún tiempo para beneficiar a los agricultores locales, los tipos mejorados de guandul en demostración y el progreso general alcanzado, bajo la dirección de personal íntegramente Africano, revela el alto grado de idoneidad de los participantes. El programa de entrenamiento incorporado al proyecto proveerá un grupo de científicos que se encargará en el futuro de ampliar las investigaciones sobre las leguminosas comestibles y los sistemas de cultivo.

Mejoramiento de Oleaginosas

Hace poco se dió comienzo a proyectos relacionados en la Universidad de Dar-es-Salaam y en la Universidad Eduardo Mondlane en Maputo, Mozambique, con el fin de incrementar la pequeña producción del cacahuete para consumo local. En el proyecto de Tanzania se ha incluido la soya y el cacahuete bambarra con el objeto de incrementar y estabilizar los rendimientos, seleccionar variedades por su contenido de aceite comestible y alto contenido protéico combinado con una alta resistencia a las plagas, enfermedades y otros riesgos comunes.

En Etiopía se inició recientemente un proyecto de mejoramiento de oleaginosas. En cuatro puestos principales de ensayo y siete puestos menores, representativos todos de una amplia gama de condiciones agroclimáticas, se someterán a cruce, selección y pruebas agronómicas la semilla de niger, la colza, la linaza, la mostaza y el girasol. Los científicos etíopes confían en aumentar el rendimiento de las semillas y el contenido del aceite, así como en reproducir y seleccionar cultivares mejorados que se puedan adaptar a diversas zonas climáticas y diferencias estacionales, especialmente etíopes, y que sean resistentes a las enfermedades que afectan a otras semillas oleaginosas.

Se nombrará un asesor de investigación de la red con el fin de asegurar la distribución de germoplasma superior y el intercambio continuo de los resultados investigativos y las experiencias entre todos los proyectos sobre semillas oleaginosas apoyados por el CIID en Africa, el Medio Oriente y el Sur de Asia. El asesor de la red prestará un servicio valioso y esencial ya que no existe un centro internacional de investigaciones agrícolas que se ocupe de las principales oleaginosas.

Cultivos Múltiples

Por tradición los agricultores de subsistencia africanos siembran mas de una cosecha al año, de ahí que en varios países se adelantan investigaciones



Un investigador examina el ajonjolí en un proyecto de mejora de oleaginosas en Tanzania.

sobre sistemas de cultivo. En Morogoro, Tanzania, los resultados de los estudios de cultivos mixtos, que incluyen cultivares mejorados de sorgo, llamaron poderosamente la atención del presidente y del primer ministro. De igual trascendencia, si no mayor, fue el hecho de que el componente de entrenamiento produjo un grupo de científicos en la nueva Facultad de Agricultura, capaces de trabajar en proyectos de investigación aplicada y demostración para beneficio de la economía rural de Tanzania.

Con el objeto de ampliar esta competencia, se ha iniciado un proyecto mas ambicioso en el cual la Universidad se encargará de estudiar las prácticas agrícolas de los pequeños agricultores en dos zonas: (1) una región

montañosa que va de los 500 a los 3.000 metros sobre el nivel del mar, y (2) un área de tierras bajas. Luego de un estudio diagnóstico de los sistemas agrícolas tradicionales, introducirán gradualmente cultivares mejorados y sistemas de cultivos considerados como mas económicos en tierra y mano de obra, con la cooperación de los agricultores. En la zona (1) los cultivos incluirán vegetales y tubérculos; en la zona (2) sorgo, maíz, frijol *Phaseolus*, guandul, soya, girasol y ajonjolí. Se dará atención especial al empleo del agua en vista del impredecible patrón bimodal de lluvias que con frecuencia es agronómicamente inadecuado.

En la Universidad de Nairobi, agrónomos, estudiantes de grado y alumnos de secundaria estudiaron y registraron la influencia de varias rotaciones de cultivos en el patrón de crecimiento y rendimiento del maíz. En la estación investigativa del ministerio de Agricultura, en Burundi, se estudian variedades locales y foráneas de maíz y algunas leguminosas comestibles con la colaboración de los agricultores locales.

En la Universidad de Benin, en Togo, se estudian cultivares mejorados de varios alimentos, entre ellos maíz, yuca, caupí y tomate, en distintos patrones de rotación y de cultivo mixto. Los efectos que sobre la fertilidad del suelo tienen los residuos de los cultivos, el abono animal y la roca fosfórica, con o sin irrigación complementaria, son también objeto de análisis.

Los estudios sobre cultivos mixtos en la Universidad de Swazilandia incluyen maíz, sorgo, caupí, frijol *Phaseolus*, frijol de mungo, cacahuete, batata, calabaza y algodón. Las rotaciones de cultivos múltiples y el manejo de los residuos de cultivos también son objeto de estudio. El personal del proyecto ha establecido buenas relaciones de trabajo tanto con los agricultores como con el ministerio de Agricultura.

En la Oficina Nacional de Investigación Científica y Técnica de Camerún (ONAREST), se llevan a cabo investigaciones agronómicas para incrementar la productividad y la resistencia a las plagas y a las enfermedades del plátano y para mejorar los sistemas locales de comercialización de este importante pero descuidado pariente pobre del banano. Prueba del potencial mercado local del producto es el buen precio que recibe el proyecto por los materiales de siembra que se pueden intercalar con el cacahuete y otros cultivos.

Yuca y Otras Raíces Comestibles

En colaboración con el IITA, la División ha apoyado varios proyectos sobre yuca y otras raíces en Africa, incluyendo el ñame, el cocoñame y la batata. Los científicos del Instituto de Investigaciones Agrícolas y Forestales de Camerún han efectuado cruces de yuca procedente del IITA con variedades locales y están estudiando los patrones de enfermedad de estos nuevos cultivares cuando se intercalan con maíz, caupí, batata y cocoñame. También se realizan programas de mejoramiento y selección con ñame y batata.

En Zanzíbar, los científicos del ministerio de Agricultura y Tierras han analizado muestras de yuca local y del IITA para medir su resistencia a los

ácaros, el mosaico y/o las manchas foliares, y las variedades que ofrecen buenas perspectivas han sido multiplicadas y distribuidas a los agricultores. Los trabajos tendientes a la introducción del control biológico de los ácaros de la yuca siguen adelante en cooperación con el CIBC. Hace poco se inició un proyecto similar en Congo-Brazzaville.

Debido al inadecuado control fitosanitario, la yuca importada a varios países africanos desde América Latina ha llegado acompañada de una plaga muy dañina, el piojo harinoso (*Phenacoccus manihoti*). Esta plaga produce intensa defoliación, marchitamiento y a menudo destrucción total. En su ambiente nativo en América Latina, este piojo está controlado por los parásitos y predadores naturales, pero como ninguno de ellos migra con la yuca, la plaga prolifera y ocasiona graves daños al producto africano. Para llevar a África métodos efectivos de control biológico, se estudian la biología y la ecología de esta plaga, junto con la identificación, reproducción controlada y distribución en las plantaciones de yuca africanas de los predadores naturales identificados en América Latina. En el CIBC se producen y conservan poblaciones de predadores que se distribuyen para experimentos de campo entre colaboradores en Nigeria, Congo-Brazzaville y otros territorios africanos afectados.

Producción de Cultivos

La División de Investigaciones sobre Sistemas de Producción Rural del Instituto de Economía Rural de Malí participa activamente en un interesante proyecto en el Sur del país. El proyecto está en una de las zonas de mayor precipitación atmosférica (~ 1300 mm al año) donde la población es muy pobre y trabaja pequeñas parcelas de suelos relativamente pobres. No obstante esta pobreza, los niveles de tecnología agrícola, productividad de cultivos e ingreso familiar varían significativamente y el proyecto ha distribuido su trabajo en tres categorías de comunidades. En la primera se ubican los habitantes mas prósperos y antiguos, allí casi el 80% de las granjas poseen equipo agrícola de tracción animal. En la segunda categoría, solo el 50% de las granjas posee equipo agrícola. En el tercer grupo, el 90% o mas de las unidades agrícolas depende exclusivamente del cultivo manual. Muchos de estos agricultores, particularmente los mas florecientes, siembran algodón como cultivo de efectivo; todos cultivan cereales, incluyendo el sorgo, el mijo perlado, el maíz y el arroz húmedo, algunas leguminosas, especialmente caupí, cacahuets y un poco de hortalizas, hierbas y especies.

El objetivo del proyecto es incrementar la producción de los cultivos y para ello comenzó con un detallado estudio tipológico que clasifica a los habitantes y a las familias campesinas según sus ingresos, patrones de consumo, áreas de tierra cultivada con distinto fin, actividades durante el año, naturaleza y calidad de sus recursos incluyendo equipos de labranza, animales y oportunidades y dificultades para lograr una mayor productividad y un mejor ingreso. Los agricultores mas progresistas ya han demostrado su aceptación del cambio al adoptar sistemas mas eficientes para la producción del algodón, cuyo rendimiento alcanza ahora entre 1, 3 y 2 toneladas por hectárea. En contraste, las comunidades mas paupérrimas obtienen un rendimiento en los granos del orden de 500 kilos por hectárea.

En la actualidad, una vez que el algodón se desmota en forma manual, buena parte de la semilla sirve de alimento a los animales cuyo estiércol se usa como abono. Ante la creciente demanda de semilla de algodón por las fábricas de aceite de Malí, habrá que dar un alimento alternativo a los animales y, en consecuencia, el proyecto incluye estudios sobre cultivos forrajeros mejorados y uso de otros subproductos agrícolas. La investigación futura se concentrará en los sistemas agropecuarios mejorados, en el procesamiento y utilización de los cereales y, posiblemente, en la introducción de plantaciones arbóreas valiosas. Se espera que la experiencia ganada con la mecanización sencilla de la extracción de la mantequilla vegetal y el procesamiento y utilización del sorgo, el mijo y el caupí, tratados mas adelante, traiga grandes beneficios a la comunidad de Malí con la cual este proyecto trabaja en forma conjunta.

Aunque la precipitación atmosférica baja e incierta representa la mayor amenaza para el incremento en la producción de cultivos de Africa, la aridez de los suelos constituye la mayor incertidumbre. Muchos de los suelos de los TSA son deficientes en fósforo. La fabricación de fertilizantes de fosfato es inadecuada en todas partes y en muchos países es inexistente. Toda la región cuenta con depósitos de roca fosfórica, pero este fósforo se presenta en una combinación química, relativamente insoluble, que no pueden aprovechar las plantas en crecimiento. Según se describe en el proyecto, auspiciado por el Centro Internacional para el Desarrollo de Fertilizantes (IFDC) en Estados Unidos y el CIAT en América Latina, mediante procesos mecánicos y químicos relativamente sencillos se puede incrementar la solubilidad y disponibilidad del fósforo en varios tipos de roca fosfórica, haciéndola potencialmente útil como abono para suelos deficientes en fósforo. En colaboración con el gobierno de Malí, el IFDC llevará a cabo pruebas de fertilidad de suelos en terrenos deficientes en fósforo de la región del Sahel, utilizando roca fosfórica local procesada con métodos que resultaron efectivos en América Latina.

Investigación sobre Sistemas Postcosecha

La investigación sobre postproducción ha estado mas ligada a la producción de cultivos en Africa que en otros continentes. El primer proyecto, aunque lento en su gestación y en el logro de sus propósitos, sirvió como guía para muchas actividades subsiguientes. El ministerio de Agricultura de Nigeria había aceptado desde mucho tiempo atrás la necesidad de disponer de pequeños molinos rurales de grano capaces de procesar distintos cereales y leguminosas locales. En los TSA de Africa Occidental, muchas mujeres emplean un promedio de cuatro horas diarias en la molienda manual de grano, primero para retirar la cáscara y luego para convertir el endospermo sobrante en harina fina o gruesa. Desde un punto de vista técnico y económico no es factible enviar los cereales producidos en el norte de Nigeria para su procesamiento en los molinos de harina localizados en los puertos de la costa sur del país. En primer lugar, por los altos costos de transportar los granos al sur y luego la harina de vuelta al norte. En segundo lugar, porque cereales y leguminosas de diferentes formas no pueden ser procesados en molinos diseñados para el trigo importado de grano exacto. El gobierno de Nigeria

reconoció la necesidad de contar con molinos pequeños y sencillos para procesar sorgo, mijo, maíz y caupí en cantidades suficientes para comunidades rurales de tamaño medio cercanas a los lugares de producción agrícola y de demanda del producto terminado. La forma en que el CIID respondió a este caso y los detalles de los logros del proyecto han sido descritos en un libro y una película del CIID, bajo el nombre de *An End to Pounding*.

Algunos observadores casuales han descrito el proyecto como una transferencia de tecnología. Eso es precisamente lo que el proyecto no es. A partir de ciertos principios básicos, analizados conjuntamente por el Laboratorio Regional de Praderas del Canadá y los tecnólogos del norte de Nigeria, se desarrolló y aplicó en este país una nueva tecnología que satisfacía una demanda local definida y se adecuaba perfectamente a las condiciones de la zona.

El proyecto comenzó con un estudio de mercados entre mas de 1000 hogares en la localidad norteña de Maiduguri con el objeto de averiguar las cantidades y los tipos de productos molidos en demanda así como el destino de los mismos. Con base en este estudio, efectuado por extensionistas rurales y estudiantes de economía del hogar, se determinaron los productos molidos solicitados así como la capacidad y el diseño básica del molino requerido. Se decidió combinar un sistema abrasivo de descascarado con un molino de martillo para producir harinas de tipos aceptables. En el primer molino experimental establecido en Maiduguri, no se encontró una combinación de equipo manufacturado que pudiera producir un pulimento satisfactorio a una tasa de extracción económicamente eficiente y con la proporción de harina fina y sémola gruesa exigida por los consumidores. Después de muchas pruebas y modificaciones, se instaló un molino adecuado que tenía un pre-limpiador para remover piedras y otras materias extrañas, un descascarador abrasivo consistente en piedras circulares de carborundo montadas a intervalos de 1,5 a 3 cm sobre un eje horizontal que gira dentro de una caja de metal forrada en caucho, un molino de martillo modificado para reducir el endospermo descortezado a partículas mas finas, un tamiz para separar el endospermo molido en diferentes tamaños. El sistema funciona con motores diesel y se complementa con una unidad de pesaje, empaque y sellado.

Los estudios de funcionamiento han incrementado constantemente la producción del molino; en la actualidad se ha logrado una tasa de extracción superior al 80% (peso de la harina del endospermo molido como porcentaje del peso original) en comparación con la tasa de recuperación menor del 65% obtenida con la molienda manual tradicional. Con una producción de sorgo estimada en 800.000 toneladas anuales en el noroeste de Nigeria, bastaría moler solo la mitad del grano con la tecnología desarrollada en Maiduguri para que la tasa de extracción proveyera un incremento de 60.000 toneladas anuales de sorgo utilizable. Además, el salvado que se saca en el descortezador abrasivo se puede recuperar, empacar y utilizar como alimento animal. Tradicionalmente, en el grano descortezado a mano y cernido al aire se pierde la mayor parte del salvado y los fragmentos de endospermo.

Con recursos propios y asesoría técnica de Canadá, el gobierno de Nigeria construye molinos como el de Maiduguri en todo el norte del país. Además de convertir el sorgo, el maíz y el caupí de la región en harinas que

producen utilidades comerciales y son aceptadas por los consumidores rurales, los molinos liberarán a muchas mujeres de la dura faena de la molienda manual, permitiéndoles dedicar su tiempo a tareas mas productivas, como el cuidado de las huertas caseras y la cría de aves de corral.

Luego del éxito de Maiduguri, y con base en sus técnicas de descortezamiento abrasivo antes de la molienda, el Centro de Innovación de Industrias Rurales (RIIC) de Botswana, diseñó un sistema de molienda para el sorgo. Una vez mas, hubo transferencia de principios mas que de tecnología, ya que esta última fue desarrollada en Botswana en función de sus propias condiciones.

El descortezador abrasivo de Nigeria fue diseñado para el procesamiento continuo de cantidades de grano relativamente altas. En el RIIC, el descortezador fue modificado para permitir el procesamiento de cantidades pequeñas de grano, en forma continua o por lotes, según la demanda rural. Los molinos procesan el lote de grano traído por los productores o consumidores rurales que quieren estar seguros de que solo se está moliendo su grano y que es éste el que se les entrega en forma de harina. Al incorporar un novedoso mecanismo de vaciado, en forma de una puerta giratoria reforzada en la base de la caja del descortezador, se pueden descascarar cantidades tan pequeñas como 10 kilos sin tener que detener el mecanismo.

El RIIC, en cooperación con el PRL, adelanta estudios para substituir los discos de carborundo por discos mas livianos de resinoide en los que el óxido



Descascarado de sorgo con el descascarador desarrollado por el PRL en Saskatchewan y en el RIIC en Botswana.

de aluminio se encuentra disperso en una matriz de plástico. El resinoide, con una densidad menor que un cuarto de la del carborundo, puede rotar en forma segura a mas de 6.000 rpm (1.000 rpm es el máximo seguro para el carborundo) y como estos discos son mas delgados, el área de la superficie abrasiva que queda disponible en la cámara es mas del doble pero en el mismo volumen. El costo del resinoide es menor que el del carborundo y como el peso también es menor, el consumo de energía por peso unitario de grano procesado se reduce. Todavía se trabaja en esta prometedora innovación para obtener el mayor rendimiento posible.

La experiencia adquirida en Nigeria y Botswana se emplea en sistemas de molienda de granos en Senegal con el mijo, en Etiopía y Sudán donde los proyectos de molienda de sorgo se integran con los de producción, y en Ghana, donde el caupí es descascarado por medios abrasivos antes de convertirse en alimentos tradicionales. Hace poco la Organización para el Desarrollo de las Pequeñas Industrias, en Dar-es-Salaam, Tanzania, inició un proyecto de molienda de sorgo con apoyo del CIID. Los mejoradores del hogar en Nigeria han efectuado estudios de la demanda y aceptación del caupí procesado en molino.

En Senegal, dos proyectos interrelacionados, uno rural y otro en el Instituto de Tecnología Alimentaria en Dakar, buscan establecer sistemas integrados de postproducción para el almacenamiento y la molienda del mijo perlado, así como aumentar el uso de la harina de sorgo y de mijo, solas o en mezcla con otros cereales, en la confección de pan y otros alimentos.

Un estudio realizado entre 800 mujeres del sector rural de Senegal durante tres estaciones identificó diversas necesidades, entre ellas un mejor acceso al agua y a los granos molidos. (De un día de 16 horas de trabajo, las mujeres emplean hasta 10 en la molienda de grano y en la recolección de agua y leña). Como resultado del estudio, se introducen en forma gradual los descortezadores y los pozos aldeanos. El estudio reveló una marcada preferencia por el mijo perlado para la preparación del *couscous*, un alimento tradicional que se consume diariamente en el 75% de los hogares entrevistados.

Las pruebas con un descortezador como el de Maiduguri (PRL) dieron excelentes resultados con el mijo perlado, el maíz y el sorgo locales. La superioridad de este sobre el modelo cónico europeo está en su capacidad para procesar granos de diferentes tamaños y formas. La unidad PRL descortezó sin problema algunos granos mezclados, una ventaja enorme para los pequeños agricultores de Senegal pues muchos de ellos mezclan diferentes granos trillados en sus bodegas. Se informa sobre el progreso logrado con el descortezador en la producción de harina de mijo que se agrega en una proporción del 15% al pan de Senegal, y en la de 'arroz de maíz', un sustituto del arroz hecho con maíz.

Expertos en nutrición y alimentos en el Alto Volta han iniciado un estudio sobre alimentos preparados con sorgo, caupí y mijo, así como sobre las características físicas y químicas normales de estos granos con el fin de comparar la aceptabilidad de los nuevos cultivares mejorados con los ya establecidos y aceptados. En colaboración con el Laboratorio Regional de Praderas, y mediante el empleo del microdescortezador TADD, descrito

mas adelante, se analiza la susceptibilidad de diferentes tipos locales de sorgo al descortezamiento abrasivo. Pruebas físicas sencillas permitirán la relación con los índices de calidad determinados por los consumidores locales. (En la publicación *Food Systems* (IDRC-146e) del CIID se describe el alcance global del programa de sistemas de postproducción. Los proyectos de molienda se analizan en la publicación *An End to Pounding* (IDRC-152e) y en otras publicaciones que aparecen en el Apéndice 3).

Procesamiento en la Finca

En Ghana los datos recogidos indicaron que de los 175 días/hombre requeridos para producir y comercializar una hectárea de arroz, mas de 70 se iban en recoger la cosecha, trillarla y otros procesos en la granja. En vista de ello, los científicos del país que trabajan en la Universidad de Ciencia y Tecnología en Kumasi desarrollaron unas trilladoras de arroz a pedal que actualmente son sometidas a pruebas de campo en 17 localidades diferentes con la cooperación de varias misiones religiosas y otros organismos de ayuda. Luego de una reacción inicial escéptica por parte de los agricultores, y a medida que el diseño y la eficiencia de la máquina mejoraron, la aceptación ha aumentado; se ha demostrado que con la trilladora a pedal dos hombres pueden en ocho horas trillar cuatro veces la cantidad de grano trillada tradicionalmente a golpes de palo en el mismo lapso. Otra ventaja adicional de la trilladora es la menor incidencia de resquebrajamiento de los granos. En este momento se estudian los mecanismos, posiblemente a través de cooperativas, para la distribución y el uso mas económicos de esta trilladora a pedal.

En Malí, la División de Maquinaria Agrícola somete a prueba de campo unas trilladoras de mijo manuales y económicas, cuyo diseño es una adaptación de los principios aplicados a las trilladoras existentes de tractor. Los prototipos de los tres modelos diseñados serán sometidos a pruebas de campo en Mopti, al Sur de Tombouctou. Se capacitará a los herreros de la localidad para su fabricación y mantenimiento y con demostraciones se estimulará a las comunidades rurales para que ensayen y adopten las máquinas, cada una de las cuales posee una capacidad de cerca de 50 kilos por hora. El gobierno suministrará las facilidades de crédito necesarias para que las comunidades locales adquieran el diseño que resulte mas apropiado.

Tecnología de Almacenamiento

En Ghana varios proyectos estudian el almacenamiento de granos y comparan el maíz almacenado en silos diferentes que van desde los de hormigón hasta los de bloques de laterita y los sacos de yute forrados. En Swazilandia, científicos universitarios comparan la escala y la causa de las pérdidas, la eficiencia y la economía de los diferentes sistemas de almacenamiento del maíz en las granjas de cuatro regiones; y en Alto Volta y Sierra Leona, se analiza el caupí almacenado en granjas donde las pérdidas actuales equivalen al 40% de la cosecha, un nivel de pérdida que desestimula la mayor producción de leguminosas alimenticias.

En Kamboinse, e integrado al proyecto de mejoramiento del caupí del Alto Volta, un amplio estudio de los sistemas tradicionales y mas eficientes de almacenamiento del caupí, arroja ya resultados excelentes. Se analizan en este estudio, los ciclos de vida, los patrones de transferencia del campo al lugar de almacenamiento, así como la intensidad y la naturaleza de los ataques de los insectos en diferentes localidades, estaciones y condiciones de almacenamiento. Se han registrado los métodos tradicionales de almacenamiento utilizados en las regiones norte, centro y sur, cuyos respectivos patrones de precipitación atmosférica son bajo, medio y alto. En cada zona se ensayan medios alternativos de almacenamiento mejorado, junto a los métodos tradicionales.

Existen dos plantas locales, la *Hyptis spicigera* y la *Cassia nigricans* que exhiben propiedades insecticidas y que cuando se secan y distribuyen entre el caupí seco en los graneros, reducen el ataque de los gorgojos del grano y otros insectos. Al igual que en el resto de Africa Occidental, la ceniza de leña y la arena empleadas para rellenar los intersticios entre el caupí almacenado, reducen los niveles de ataque al disminuir la disponibilidad de oxígeno y afectar el vello ceroso que protege el abdomen del insecto adulto.

El proyecto de almacenamiento del caupí en Sierra Leona ha finalizado un estudio inicial destinado a determinar el puesto del caupí en la comunidad rural y los tipos de tecnología de almacenamiento en existencia. También se ha adelantado el trabajo sobre uso de barriles de aceite desechados para el almacenamiento.

En la estación de Investigación del Arroz en Rokupr, científicos de Sierra Leona analizan las pérdidas que por diversas causas se presentan en el arroz cosechado y almacenado en las granjas. Los principios básicos de los sistemas mejorados de almacenamiento de arroz de alta humedad en Asia serán adaptados al desarrollo de sistemas mejorados de almacenamiento en Africa Occidental.

En Botswana, el método económicamente eficiente de moler sorgo, ya descrito, ha estimulado la siembra de mayores cantidades de sorgo contrarrestando la tendencia hacia un mayor consumo de la harina molida de maíz importada de Suráfrica. Los sistemas de postproducción mas eficientes para el almacenamiento y distribución del caupí en Africa Occidental y de otras leguminosas en el resto del continente, pronostican un estímulo comparable para los cultivadores de leguminosas nativas.

En Alto Volta se han estudiado los métodos tradicionales de almacenamiento del caupí. De interés especial es la costumbre de colocar hojas de ciertas plantas locales (especies de *Hyptis* y otras) y cenizas de ciertos árboles con el fin de envenenar o, por lo menos, ahuyentar las plagas de insectos tales como el gorgojo del grano.

A partir de un estudio de observación, un científico de Africa Occidental determinó el ángulo de cénit del sol y la dirección de los vientos predominantes para todas las épocas del año. Con base en los resultados, se pudo diseñar y construir un secador de granos de flujo cruzado y energía solar, el cual puede moverse y orientarse de manera que con sus granos debidamente colocados, obtenga la tasa máxima de secamiento por sol y viento.

Una comparación entre los recipientes tradicionales o exóticos para el almacenamiento de granos demostró que, hasta para una tonelada, el diseño de las canastas tejidas tradicionales era tan eficiente como los modelos importados mas costosos, siempre y cuando se observaran ciertos requisitos. Las mejores eran aquellas en que la altura y el diámetro eran mas o menos iguales y en que el aislamiento de las paredes se reforzaba con barro y se protegía del sol con una tapa tejida en forma de sombrero chino. Estas precauciones reducen los gradientes diferenciales de humedad dentro del grano, evitando el moho. El período de almacenamiento se aumentó al secar el grano trillado antes de llenar los recipientes, al llenar los recipientes temprano en la mañana fresca, al apretar los granos para reducir los espacios de aire, al llenar los espacios vacíos con arena o ceniza de leña y al colocar los recipientes sobre bloques para evitar la entrada de roedores.

Para cantidades superiores a una tonelada, los científicos de Senegal diseñaron un silo múltiple que consiste en una serie de compartimentos emparedados, parecidos a las porquerizas, cada uno de los cuales se llena con grano y se cierra con una tapa fija. Este tipo de silos es fácil de construir con adobe o ladrillos de arcilla locales. Se diseñaron mas celdas pequeñas para que los agricultores trataran una provisión de grano de tres semanas con el pesticida *bromophus* que permanece activo aproximadamente ese lapso.

El alto contenido de humedad es una de las principales causas de las pérdidas postcosecha en todos los cultivos. Por esta razón, en varios países africanos se desarrollan proyectos para mejorar las tecnologías de deshidratación y secamiento. En la Universidad de Sierra Leona, se diseñan y prueban secadores de grano a base de energía solar para uso en las comunidades rurales. La Oficina Nacional de la Energía Solar (ONERSOL) de Níger ha diseñado y está construyendo dos modelos de uso múltiple y diferente capacidad para la deshidratación de cebollas producidas localmente. Cada modelo consiste en un colector solar, una cámara de secado construída con diversos materiales alternativos, incluyendo ladrillos, cañas de sorgo tejidas, otros subproductos agrícolas y láminas de plástico.

De las 80.000 toneladas de cebolla irrigada que se producen al año en Níger, menos del 30% es consumido por los productores y mas de 60.000 toneladas se secan al sol para exportación. El secamiento solar directo es difícil de controlar, no es higiénico y la calidad del producto es desigual. El objetivo es desarrollar sistemas de deshidratación solar indirecta para obtener un producto de mayor calidad y uniformidad que estimule la demanda local y de exportación y represente mayor utilidad para los productores y procesadores rurales. El Gobierno de Níger y el Banco Arabe de Desarrollo han asignado cuantiosos recursos para el futuro desarrollo y explotación de este proceso.

En Sierra Leona se realizan estudios para optimizar diversos diseños de secadoras con base en los criterios dados por los agricultores en encuestas tendientes a determinar qué cosechas se deben secar, el momento y la cantidad, así como los niveles actuales de desperdicio y pérdida.

La Universidad de Nairobi estudia métodos de deshidratación mas eficientes y sus efectos sobre la calidad nutritiva de una gran variedad de

hortalizas nativas del país. El Consejo Nacional para la Investigación Científica de Zambia inició un proyecto para adaptar los principios del secador solar de arroz, desarrollado en el Instituto Asiático de Tecnología, a la deshidratación de hortalizas locales.

En Malí, otro proyecto reciente busca reducir las pérdidas en el procesamiento del pescado capturado en las productivas aguas del Delta Níger en Malí. Colaboran en este proyecto la Operación Pesquera del ministerio de Desarrollo Rural, que se especializa en todos los aspectos de producción, procesamiento, almacenamiento y comercialización del pescado; y el Laboratorio de Energía Solar. El personal de estas dos entidades intenta desarrollar un sistema solar de secamiento efectivo de bajo costo y apropiado para uso por los pescadores de Malí en Mopti, y con la capacidad de producir un pescado tan seco que resista el ataque de los hongos, las bacterias y los insectos. El prototipo de secador solar construido consiste en una base con un marco de alambre, una chimenea de convección desmontable, todo protegido por una tienda plástica para evitar la contaminación por polvo e insectos. Como se puede desarmar y armar fácilmente, resulta portátil.

En un interesante proyecto en Malí, el ministerio de Desarrollo Rural trata de mejorar e investigar cuantitativamente los métodos tradicionales de extracción y procesamiento de la mantequilla de árbol, una de las pocas grasas comestibles de origen vegetal y ocurrencia natural que se solidifica a la temperatura ambiente. La manteca proviene de un árbol (*Butryospermum parkii*) conocido localmente con el nombre de *Karite*, que crece silvestre en los trópicos semiáridos de África. Esta grasa tiene muchos usos culinarios en la región además de constituir un valioso producto de exportación para uso alimenticio y cosmético. Con base en principios y procesos desarrollados en otros sitios, los científicos de Malí desarrollarán sistemas mas eficientes y adaptables a la industria rural de esta grasa.

Tradicionalmente, las nueces de este árbol son tostadas en hornos y trituradas a mano en un mortero hasta tomar el color marrón oscuro. Luego, la grasa liberada por la ruptura de las células oleaginosas es separada por flotación en agua. La grasa aislada semeja el sebo comestible en apariencia y consistencia. Esta investigación tiene por objeto la normalización y mecanización del proceso de extracción empleando tracción animal para reemplazar el trabajo femenino.

Investigación sobre Silvicultura

En 1970, cuando el CIID inició su trabajo, un funcionario de la FAO estimaba que en los países de la región del Maghreb en Noráfrica, unas 100.000 hectáreas se habían convertido en desierto debido a la deforestación y el sobrepastoreo. En épocas mas recientes, la Conferencia sobre Desertificación de las Naciones Unidas dió estadísticas alarmantes sobre la tasa a la cual la tierra, anteriormente productiva, se está erosionando por la destrucción de la cubierta vegetativa. Aunque casi la mitad de la superficie de África tropical se clasifica como bosque, un 98% consiste en diversos tipos de arbustos, y solamente el 2% es bosque denso. El área cubierta por plantaciones forestales es ínfima.

Se calcula que de los 300 millones de metros cúbicos de madera utilizada al año en África, por lo menos el 90% se consume como leña y carbón y el 9% se utiliza en construcción. La escasez de leña está alcanzando proporciones graves, particularmente entre los habitantes de las áreas rurales que dependen de las especies arbóreas que crecen por fuera de los bosques. En consecuencia, el programa de silvicultura del CIID ha otorgado prioridad capital a los proyectos de silvicultura social con el objeto de aumentar el suministro de combustibles, materiales para construcción y forrajes a los 150 millones de africanos del sector rural que habitan en los trópicos semiáridos.



Recolección de ramas de un árbol forrajero (Acacia holosericea) en Senegal.

Silvicultura Social

Un proyecto para crear pequeños bosques aldeanos en Níger, ilustra algunas de las oportunidades y dificultades comunes a los 20 ó mas proyectos de silvicultura social auspiciados en Africa Oriental, Occidental, Noráfrica y el Medio Oriente.

El objetivo del proyecto es establecer unas 150 hectáreas de bosques comunales alrededor de 70 pueblos cerca de Zinder, una población sureste de Níger. Los bosques, que serán manejados por los habitantes de la zona, producirán leña y materiales para la construcción. En cada vecindad que participa en el proyecto se ha creado un vivero; la tasa de supervivencia de los árboles se acerca al 90% en mas de 150 hectáreas. Ya se han identificado especies bien adaptadas y de crecimiento rápido, como *Azadirachta indica*, eucalipto, albizzia y acacia. En los viveros comunales se estudia toda una variedad de especies potencialmente apropiadas junto con métodos mejorados de propagación. Cada vivero está a cargo de un habitante nombrado por la comunidad. Los viveros producen hasta 3000 plantas al año. Actualmente se estudian métodos mejorados para el trasplante del semillero a los bosques a fin de obtener los máximos beneficios de la corta estación lluviosa.

Un estudio sociológico realizado entre las comunidades participantes en el proyecto, demostró que existe gran conciencia entre los habitantes rurales de Níger sobre el valor de los bosques aldeanos, con una marcada preferencia hacia la propiedad individual o familiar frente a la propiedad y control oficial o comunal. Esta preferencia por la propiedad y responsabilidad individuales es consistente con las conclusiones de otros proyectos de desarrollo rural efectuados en otros países. Los mayores peligros para la supervivencia de estos bosques son las cabras y otros animales que allí pacen; en las fases iniciales del proyecto las plantaciones fueron protegidas con alambre de púa. Pero este método es muy costoso y ahora se trabaja en el desarrollo de cercas naturales con plantas que resistan la depredación y eviten el ingreso de los animales a las plantaciones. Los investigadores forestales del ministerio de Desarrollo Rural estudian, en colaboración con los habitantes de las comunidades, sistemas mejorados de silvicultura *taungya* en los cuales se siembran cultivos alimenticios, incluyendo cacahuete y caupí, en los espacios que quedan entre los árboles en crecimiento. Las especies arbóreas, espaciadas adecuadamente, suministran fertilizante en forma de desechos a los cultivos alimenticios que puedan crecer hasta el momento en que la frondosidad de los árboles no deja entrar la luz solar.

El proyecto ha despertado el interés de varios organismos incluyendo el Fondo Europeo de Desarrollo, el Servicio Mundial de Iglesias y la Asociación para el Desarrollo Internacional que han financiado proyectos similares si bien a escala mucho mayor que la que permite el presupuesto del CIID.

Otros proyectos de silvicultura social incluyen el establecimiento de plantaciones de *Acacia senegal*, un árbol que de los cortes hechos en su tronco exuda la goma arábiga utilizada en la industria alimenticia, farmacéutica y química. Tradicionalmente las tribus seminómadas que van en busca de agua para sus rebaños, recogen la goma cruda arrancando la corteza de los árboles silvestres en las sabanas de Africa Occidental. El proyecto, a cargo del ministerio de Desarrollo Rural de Senegal, trata de establecer planta-

ciones de goma arábica en las cercanías de los asentamientos nómadas, con el objeto de seleccionar entre las especies nativas o exóticas aquellas que sobrevivan, crezcan rápidamente y produzcan alto rendimiento. Las pruebas incluyen métodos de multiplicación vegetativa para árboles de alto rendimiento, pruebas de esparcimiento y la posibilidad de usar las hojas como forraje. El proyecto se ha combinado con un proyecto anterior de reforestación rural en la sabana de Senegal el cual emplea especies apropiadas de árboles, incluyendo la *Acacia senegal*, para recuperar tierras improductivas por causa del sobrepastoreo en zonas cercanas a las fuentes de agua y otras zonas. Ya se han sembrado mas de 250 hectáreas con plantaciones de *Acacia* y se han hecho pruebas sobre los efectos de los hongos micorrizales en el crecimiento de los árboles. A pesar de los graves daños ocasionados a los semilleros y a los árboles jóvenes por los roedores después de las sequías de mediados de los setentas, el proyecto ha hecho buenos progresos.

Forestación Rural

En Malí, cerca al río Níger, se realiza un estudio sobre la viabilidad silvicultural y económica de las plantaciones irrigadas de árboles para suministrar madera a aquellas poblaciones rurales del Sudán y el Sahel que habitan cerca de los principales ríos. A pesar de las dificultades, entre ellas lo lejos que está la estación investigativa de muchos servicios y comodidades indispensables, el progreso en los primeros cuatro años del proyecto es impresionante. Se han sembrado mas de 50 especies diferentes de árboles y se han comparado bajo dos sistemas de irrigación, tanto en parcelas de especies individuales como en combinaciones de especies para servir de cortinas vegetales. La irrigación se hizo por inmersión en planchas y en surcos a los que se suministra el agua a tasas controladas. Este último método es mas eficiente pero mucho mas costoso puesto que exige el uso de equipo mecanizado.

Se han sembrado mas de 22 hectáreas de árboles y las mejores especies han sido *Eucalyptus*, *Gmelina*, *Dalbergia*, *Acacia* y *Leucaena*. Es interesante anotar la rápida regeneración natural de la *Leucaena glauca*, una especie que produce forraje para los animales y abono para el suelo en la forma de sus propios desechos. Como el emplazamiento del proyecto comprende tres tipos diferentes de suelo y niveles variables de la tabla de agua en distintas épocas, se examina la influencia de muchos factores interactuantes sobre la tasa de supervivencia y crecimiento de los árboles. Se cree que los resultados de este proyecto serán de gran utilidad para los habitantes de la región ya que suministrarán madera para combustible, forraje para los animales y barreras naturales para la protección de cultivos y suelos. Se han distribuido mas de 11.000 plántulas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Azadirachta indica* y *Dalbergia sisso* entre las comunidades vecinas.

En Africa Oriental, hay proyectos de repoblación forestal rural con los mismos objetivos y la cooperación de los pequeños agricultores y los habitantes de las aldeas. En Kenia, el propósito es establecer bosques madereros cercanos a las comunidades agrícolas en terrenos no aptos para los cultivos alimenticios. En Tanzania, el proyecto se ubica cerca de Dodoma, la nueva capital, una de las zonas mas áridas de Africa Oriental donde se realizan esfuerzos por proteger las plantaciones con cortinas vegetales de plantas

espinosas. Igualmente, el Instituto de Investigaciones Silvícolas de Malawi, siembra plantaciones de madera. Allí, a mas de los requerimientos domésticos, cada año se emplean cerca de 18 millones de metros cúbicos de madera para curar el tabaco, ahumar el pescado y cocer ladrillos.

Agrosilvicultura

Varios países al norte y al sur del Sahara se empeñan en promover la agrosilvicultura, un sistema en que se integran la siembra de árboles con los sistemas agrícolas del pequeño productor. A la luz de la experiencia ganada en el desarrollo de una metodología para la investigación en cultivos múltiples, pasará algún tiempo antes de poder formular y comprobar metodologías apropiadas para la investigación en agrosilvicultura. Para acelerar el proceso, el CIID actúa como organismo ejecutor a nombre de un grupo de donantes en el establecimiento del Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF) el cual, desde su sede en Nairobi, está dirigido por una Junta internacional conformada por miembros de países industrializados y en desarrollo.

El Departamento Federal de Investigaciones Forestales de Nigeria, a través de pruebas de especies, selecciona combinaciones de árboles que suministren una protección adecuada para los cultivos y estudia los efectos de estas cortinas sobre el rendimiento de las cosechas, la conservación del suelo, el agua y el ambiente ecológico.

En Ghana, Camerún y Nigeria se ha logrado cierto progreso en la investigación para reemplazar el barbecho natural por sistemas mas productivos de aprovechamiento de la tierra. Tradicionalmente, los cultivadores itinerantes abren claros en el bosque mediante la tala y la quema, agotan los nutrientes del suelo con la siembra durante algunos años de cultivo sin abono adecuado, y luego se desplazan hacia otras áreas de bosque vírgen donde inician de nuevo el ciclo. Barbecho natural es el nombre con que se denomina la regeneración natural de las plantas nativas en la tierra agotada por el agricultor itinerante. Ahora se estudia el reemplazo del barbecho natural por la siembra intercalada de árboles leguminosos y cultivos alimenticios que pueden crecer hasta cuando el follaje de los árboles impida la entrada de la luz solar.

La necesidad de utilizar los productos forestales en forma mas eficiente y económica es evidente en toda Africa. El Instituto de Investigación en Productos Forestales de Ghana emprendió un interesante proyecto para tratar de convertir las fibras madereras en láminas prensadas y ladrillos de construcción uniendo el aserrín con cementos minerales.

Para reducir las importaciones de madera de construcción de otros países, los tecnólogos en madera de Malí están estudiando las propiedades del *Pterocarpus* y de otras maderas nativas para determinar su adaptabilidad al corte, secamiento y diversos fines estructurales. Los especialistas en productos forestales de la Universidad Laval han prestado invaluable apoyo en su asesoría a los tecnólogos de Malí sobre los métodos de normalización y tecnología para el procesamiento de la madera.

El Departamento de Silvicultura de la Universidad de Dar-es-Salaam está estudiando el diseño y los materiales de construcción de varios tipos de

estufas de carbón vegetal que sean económicas en combustible y aceptables, en cuanto construcción y funcionabilidad, a las comunidades rurales de Tanzania.

Asesores de Red

La ciencia y la tecnología forestal tienen muchos obstáculos por superar en África, uno de los más importantes es la escasez de científicos capacitados. Esta es una razón para que todos los proyectos incluyan un importante elemento de capacitación que va desde estudios avanzados de grado hasta demostraciones técnicas en el lugar de trabajo. Vital para estas demostraciones técnicas y para la supervivencia de la red de proyectos de silvicultura social es el servicio de asesoría en investigación que proporcionan dos científicos forestales africanos que trabajan en EARO en Nairobi. Sus conocimientos lingüísticos, además de sus muchos años de experiencia en proyectos de investigación y desarrollo de la silvicultura en África y en el Medio Oriente, los facultan para brindar estímulo e integrar los esfuerzos que se realizan en los proyectos de silvicultura social ya descritos. Su papel no es el de directores en ninguno de los 20 proyectos que hacen parte del programa, su misión es brindar asesoría sobre el diseño y ejecución de metodologías apropiadas, facilitar el intercambio de información sobre los resultados investigativos y las experiencias de los proyectos que conforman la red, y, cuando sea necesario, suministrar germoplasma y otros recursos materiales.

La provisión de asesores de la red es básica en los grupos de proyectos realizados en países donde las instituciones de investigación son relativamente débiles y su personal consiste principalmente en científicos jóvenes cuya falta de experiencia hace necesario el estímulo frecuente y la asesoría cordial y profesional. Este tipo de servicio científico está totalmente de acuerdo y no contradice la política del Centro de apoyar los esfuerzos nativos locales. Los asesores ofrecen asesoría no coacción, estímulo no obligación. Su trabajo complementa, no duplica, las responsabilidades del personal permanente de la División encargada de controlar y evaluar el progreso en los proyectos financiados por el Centro.

Investigación sobre Ciencias Animales

Del presupuesto total asignado a la División en estos diez años, un poco más del 5% se ha destinado a financiar investigaciones básicas sobre problemas complejos relacionados con ciertos aspectos del desarrollo rural. Por lo general, estas han sido realizadas por una *institución canadiense* de investigación, en colaboración con un proyecto en un país en desarrollo.

Enfermedades Protozoarias

La tripanosomiasis, conocida entre los humanos como la enfermedad del sueño, es una de una serie de enfermedades ocasionadas por protozoos patógenos. Los protozoos que originan la tripanosomiasis son transmitidos por la mosca tsetse — un insecto chupador de sangre que se infecta talvez con los tripanosomas de los animales salvajes que portan el patógeno pero

que han desarrollado un alto grado de inmunidad a la enfermedad. Los tripanosomas son transmitidos por la mosca tsetse a los animales domésticos que pica. Los protozoos proliferan y sufren metamorfosis tanto en el animal como en el insecto vector, lo cual es esencial para su ciclo vital. La erradicación de la mosca tsetse y de la tripanosomiasis permitiría utilizar tierra suficiente para mantener 125 millones de cabezas de ganado adicionales en África Oriental.

La teileriosis, fiebre de la costa oriental, enfermedad transmitida por las garrapatas, mata aproximadamente 500.000 cabezas de ganado al año en



En Kenia los investigadores observan una garrapata en la oreja de una vaca. Las garrapatas transmiten la teileriosis que causa enormes pérdidas de ganado.

África Oriental. Estas dos enfermedades protozoarias constituyen el mayor obstáculo individual a una sana industria ganadera en una zona africana de aproximadamente 10 millones de kilómetros cuadrados.

En proyectos semejantes, la Universidad de Guelph y el Instituto de Investigaciones Veterinarias de Kenia adelantan estudios encaminados a comprender mejor la etiología de estas enfermedades mediante un estudio básico de la inmunopatología de estas dos infecciones.

Un trabajo que contó con la participación de científicos canadienses y africanos, apoyados por estudiantes de grado en Kenia y Guelph, fue el que se inició con el análisis de las anemias ocasionadas en los animales por el *Trypanosoma congolense* y el *T. vivax*, y de la hipersensibilidad atrasada asociada con la *Theileria parva*, protozoo que causa la fiebre de la costa oriental. Se descubrió que los dos tripanosomas infecciosos actúan de manera completamente diferente y que el *T. congolense* forma apiñamiento en los pequeños vasos sanguíneos periféricos, especialmente del cerebro y el corazón. El equipo estudió la posibilidad de dispersar estos apiñamientos dado que los agentes quimioterapéuticos no logran llegar a los tripanosomas localizados en el núcleo de un apiñamiento y destruirlos. El modo de acción de los patógenos y la respuesta fisiológica resultante en los animales son muy complejos; parece improbable que en el futuro próximo se pueda desarrollar un solo método de control a través de la inmunización o de la terapia farmacológica. La investigación ha demostrado que los tripanosomas patógenos predisponen el ganado a otras enfermedades infecciosas tales como la fiebre biliosa hematórica y la pleuroneumonía bovina contagiosa.

Un segundo proyecto, financiado por la ACIDI pero administrado por el CIID, es el que analiza el mecanismo de transmisión de la tripanosomiasis, la teileriosis y otra serie de enfermedades que atacan a los animales africanos. Uno de los fines de este estudio es determinar en qué grado las especies nativas de animales salvajes, que a través de los siglos han desarrollado inmunidad a los diversos patógenos causantes de la enfermedad, son las depositarias y transmisoras de patógenos infectados.

En Kenia, en colaboración con la Universidad de Guelph, se ha aprendido mucho sobre la transmisión de la enfermedad entre los animales salvajes y domésticos. El proyecto se diseñó para identificar los parásitos y los patógenos que se producen naturalmente y la capacidad de transmisión de los patógenos entre las especies salvajes y domésticas. El proyecto incluye un programa importante de capacitación para veterinarios de Kenia. Se establecieron pequeñas manadas cautivas de distintos animales salvajes y se les han tomado muestras de sangre tanto a estos como a otros animales salvajes no cautivos inmovilizados temporalmente con dardos hipnóticos. A pesar de que los animales salvajes muestran inmunidad, por lo cual pueden actuar como portadores infecciosos, no todas las infecciones de las especies domesticadas se han originado en los animales salvajes.

Las enfermedades específicamente analizadas incluyen la tripanosomiasis en la cebra, el órix, la girafa y el ñú; la fiebre de la costa oriental en el oreas y el topi; la aftosa en el búfalo; la fiebre catarral maligna en el ñú y en

varias especies de gacelas; la dermatitis micótica en el rinoceronte; y la tuberculosis en los flamencos.

Varios profesionales de Kenia han recibido capacitación en ciencias veterinarias y los resultados prometen, por primera vez, demostrar sistemas en los que rumiantes salvajes y domesticados pueden coexistir satisfactoriamente, y hacer ver la matanza en gran escala de las especies salvajes no es el prerrequisito para el mantenimiento de un eficiente programa de cría de ganado doméstico.

Alimentos Animales

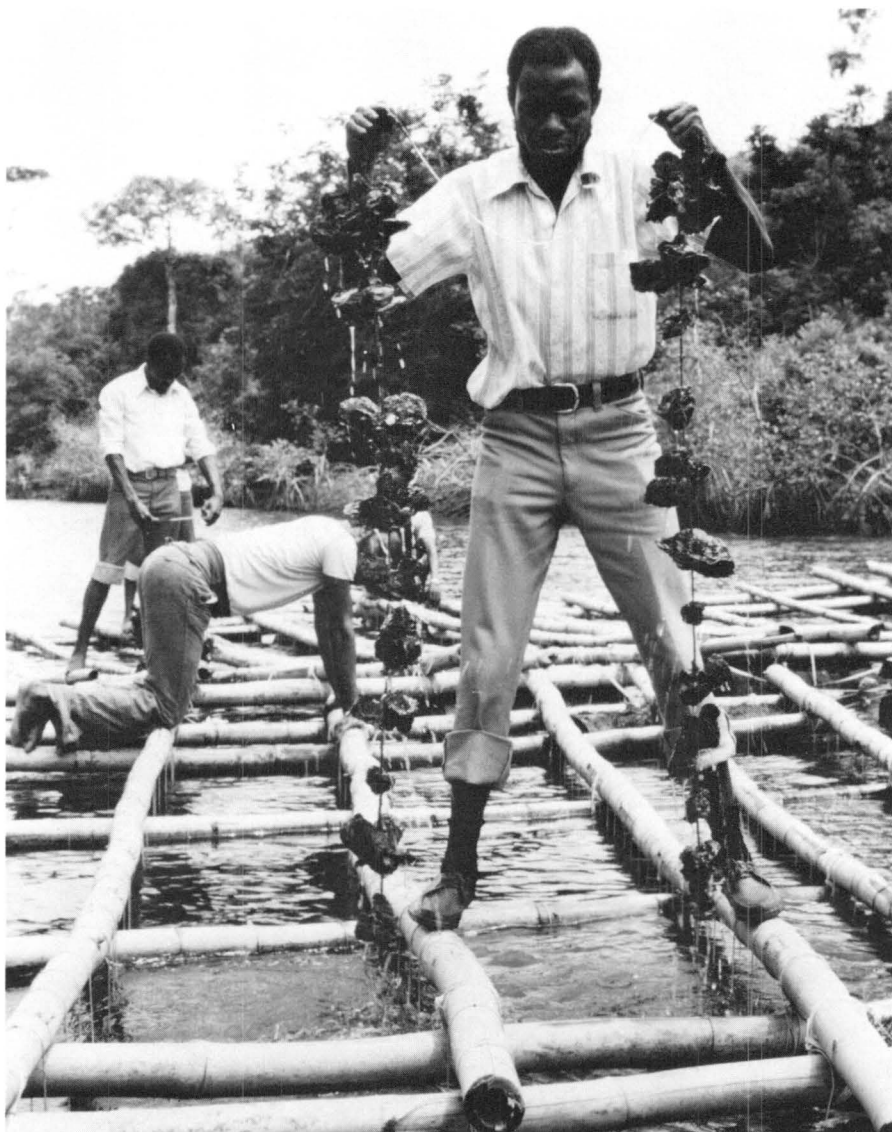
Otros proyectos africanos se han dedicado al estudio de subproductos agrícolas para la alimentación animal. En la Universidad de Ife, en Nigeria, se han efectuado pruebas alimenticias en aves, cerdos, ovejas y cabras, con harina de yuca suplementada con proteína foliar de la misma yuca y de otras plantas, y con torta de aceite de palma.

La Universidad de Nairobi estudia y evalúa los subproductos agrícolas comúnmente utilizados en la pequeña propiedad rural para alimentar a las aves de corral, y analiza las combinaciones y disponibilidad de complementos nutritivos de bajo costo con el objeto de producir alimentos mas eficientes a partir de los subproductos disponibles. En el laboratorio las aves locales son alimentadas con dietas típicas de la pequeña propiedad campesina que se comparan con combinaciones nutricionalmente superiores elaboradas con materiales disponibles a nivel local. Las mezclas mas económicas serán sometidas a ensayo entre los pequeños agricultores de la zona que crían aves como componente de sistemas agrícolas combinados.

Investigación sobre Pesquería

Debido a la insuficiencia de biólogos piscícolas en Africa, relativamente pocos proyectos han sido apoyados en este campo. Entre los proyectos mas exitosos técnicamente, se cuenta el proyecto de ostricultura en Sierra Leona en el que los científicos han logrado cultivar en aguas de estuario ostras nativas de un tamaño superior al que presentan las ostras silvestres. La semilla móvil de las especies silvestres se adhiere principalmente a las raíces de los mangles que crecen en los estuarios mareales. Debido al apiñamiento, estas ostras son de tamaño pequeño y, si crecen cerca de asentamientos humanos, las aguas pueden estar contaminadas y las ostras, por ende, infectadas.

El personal del proyecto ha puesto en práctica sistemas de cultivo en rejilla y balsas en las aguas mas profundas y cristalinas de los estuarios, donde suministro alimenticio es mas abundante y, en consecuencia, la ostra crece mas rápidamente y es de mayor tamaño. Los estudios realizados abarcan el crecimiento en cultivos sumergidos permanentes, con el efecto de los cambios en la salinidad del agua, los factores que influyen en la proporción de carne y concha, y la biología de los principales organismos *fouling* y depredadores. Los estudios postcosecha que incluyen la economía del pro-



Ostricultura en Sierra Leona donde se han establecido sistemas de cultivo en balsas y en perchas.

cesamiento, el empaque, la comercialización y distribución, determinarán la viabilidad económica de estos sistemas mas productivos de ostricultura.

La tilapia es una especie de agua dulce bien aceptada en muchos países africanos. Su potencial de cultivo en lagos naturales y ríos nunca ha sido explorado suficientemente por la falta ya mencionada de infraestructura. Al aplicar los nuevos descubrimientos en el control biológico de la reproducción, junto con sistemas modernos de manejo de la acuicultura, incluyendo el cultivo en jaulas, la producción anual de tilapia podría incrementarse significativamente.

En la Universidad de Nairobi se trabaja sobre cultivo en jaula de cuatro especies de tilapia tanto en las aguas corrientes de los canales como en las aguas relativamente estáticas de los arrozales. También se trabaja sobre la estimulación artificial de la maduración y la reproducción de la tilapia mediante el empleo de hormonas pituitarias; la importancia de este trabajo se describe con mas detalle al hablar de pesquería en Asia.

En el Lago Mihindie, Rwanda, se realiza la selección y el cultivo de especies locales de peces, y en el lago Togo y la laguna Comé, la División de Producción Piscícola de Togo, investiga la reproducción de alevines para cultivo en corrales fijos o flotantes.

En Ghana, un proyecto de pesquería artesanal logró avances técnicos importantes en el diseño de botes y redes, en las técnicas de pesca costera, en la tecnología del secado mediante ahumado y salado y en la economía de mercadeo. Los pescadores y las familias que habitan a lo largo de la costa de Ghana y de muchos otros países africanos, derivan su subsistencia casi exclusivamente de la pesca; los hombres se encargan de la faena pesquera y las mujeres y los niños de su preservación mediante ahumado o secado, y de la venta del pescado procesado en los mercados locales. Por varias razones, entre ellas cambios de gobierno y de los científicos responsables del proyecto, el trabajo parece haber tenido un efecto menor del esperado sobre la vida y los sistemas de los pescadores artesanales y sus familias. Pero, el potencial del proyecto es mayor. Si se llega a contar con una administración estable y se puede mantener un equipo de investigación y desarrollo adecuado, la División reactivará su apoyo. Las aplicaciones de esta investigación podrían traer enormes beneficios a los millares de pescadores costeros rurales pobres y a sus familias.

Medio Oriente y Noráfrica

Los organismos internacionales y los geógrafos políticos han asignado diversas denominaciones continentales a los grupos de países que conforman esta región. Es necesario, entonces, definir cuáles son los países que el CIID incluye bajo la denominación Noráfrica y Medio Oriente. Los países donde se apoyan o se han apoyado proyectos son Argelia, Egipto, Jordania, Líbano, Siria, Sudán, Túnez y Turquía.

Esta región abarca una gama de condiciones topográficas, edáficas y climáticas tan complejas y variadas que su descripción tomaría volúmenes. La región es de particular importancia agrícola por ser la cuna del trigo, la cebada y otros cereales y leguminosas importantes. Por tanto, se ha logrado la incorporación de adiciones valiosas a los programas de mejoramiento de cultivos mediante la recolección de germoplasma en varios países de la región.

Esta zona, con su diversidad de riqueza y pobreza, sus contrastes entre los excepcionales logros intelectuales y culturales que conviven con un atraso extremo, además de su larga e impresionante historia de estudio y agricultura desafía cualquier intento de generalización racional. Debido a su antigua civilización y larga trayectoria universitaria algunos países, especialmente Egipto, resultan idealmente apropiados para el estilo de apoyo que ofrece el CIID a los trabajadores locales de investigación. En otros países la pobreza va de la mano con una escasa capacidad investigativa a nivel institucional; en otros su riqueza en recursos naturales los coloca en la categoría de países desarrollados que no califican para proyectos apoyados por el Centro.

Actualmente, la División apoya cerca de 40 proyectos en la región: 47% de los cultivos; 16% de silvicultura; 14% de sistemas postproducción; y 11% de ciencias animales con otro tanto de pesquería, la mayor parte se concentra en Egipto y Sudán. El Cuadro 3 presenta el total de apropiaciones y el número de proyectos auspiciados en los ocho países de la región donde la División ha realizado actividades.

Investigación sobre Silvicultura

En épocas pasadas, gran parte de esta región se encontraba cubierta por árboles cuya destrucción por el hombre llevó al deterioro del suelo y a la expansión del desierto. La restauración de especies arbóreas es vital para una agricultura fija y eficiente y para el bienestar económico de las comunidades rurales. Las cortinas vegetales o cinturones protectores son esenciales para la recuperación de tierras cultivables y para la protección de las tierras agrícolas y las plantas. Entre las especies de árboles mas útiles trasladadas

Cuadro 3. Total de apropiaciones y número de proyectos en los países del Medio Oriente y Noráfrica.

País	Cultivos y sistemas de cultivo		Pesquería		Ciencias Animales		Silvicultura		Sistemas postproducción	
	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos
Argelia	380,1 (100%)	2 (100%)								
Egipto	1372,2 (39%)	6 (33%)	233,6 (6,5%)	1 (6%)	802,9 (22,5%)	3 (17%)	309,7 (9%)	2 (11%)	810,5 (23%)	6 (33%)
Jordania	266,5 (61%)	1 (50%)					168,2 (39%)	1 (50%)		
Líbano	1387,3 (91%)	3 (75%)							137,7 (9%)	1 (25%)
Siria	3250,2 (79%)	7 (78%)			848,4 (21%)	2 (22%)				
Sudán	717,4 (39%)	3 (34%)	348,7 (19%)	2 (22%)	268,4 (15%)	1 (11%)	371,2 (20%)	2 (22%)	137,7 (7%)	1 (11%)
Túnez							417,7 (100%)	2 (100%)		
Turquía	474,6 (69%)	2 (67%)	212,5 (31%)	1 (33%)						

desde su nativa Australia a Egipto, y a las cuales se les ha dedicado muy poca investigación sistemática, se encuentra el género *Casuarina*, de cuyas 45 especies diferentes solo tres, a mas de un híbrido natural, se encuentran comúnmente en Egipto. La Universidad de Alejandría ha producido resultados importantes a partir de un estudio detallado sobre los muchos fenotipos de las especies de *Casuarina* locales. Los estudios sobre germinación, crecimiento y tasa de supervivencia a partir de semillas de tipos aparentemente superiores, se encuentran en una etapa avanzada. Las técnicas de propagación vegetativa han conducido al establecimiento de un huerto de semillas clonales y la cooperación con los silvicultores australianos ha abierto nuevas posibilidades para la futura investigación. A pesar de no ser leguminosa, la especie *Casuarina* puede ser inducida a producir nódulos y a fijar simbióticamente el nitrógeno; so han observado diferencias significativas entre las especies en la fijación del nitrógeno y en las asociaciones micorrizales.

Los límites del proyecto se ampliaron recientemente para incluir algunos estudios mas intensivos sobre características de germinación y crecimiento bajo diversas condiciones de suelo, incluyendo el limo arenoso calcáreo del litoral mediterráneo, los suelos arenosos interiores del Sinaí, y las condiciones desérticas frías y cálidas de la región de Aswan. Se realizan estudios fisiológicos, investigaciones sobre tolerancia a la salinidad, la sequía y el ataque de memátodos, sobre las características fenológicas importantes, incluyendo la florescencia y la polinización, y sobre las propiedades útiles de la madera como combustible, material de construcción y pulpa.



Plántulas de casuarina que serán usadas como cortinas vegetales para recuperar y proteger tierra agrícola valiosa.

En Sudán, casi una tercera parte de la tierra irrigada cultivable se pierde cada década a causa de las inundaciones de arena. En un proyecto que abarca cientos de hectáreas de la cuenca de Kerma en el norte de Sudán, se estudian varias especies de árboles en cortinas vegetales con las cuales se intenta recuperar y proteger valiosa tierra cultivable. Estas cortinas consisten en dos, tres o cuatro hileras de árboles espaciados entre sí a intervalos de 100 y 250 metros, a través de la dirección de los vientos predominantes. Las mediciones de la eficiencia de estas cortinas, así como de su efecto sobre el microclima, la economía hídrica y los rendimientos de las cosechas que protegen, representan el principal objetivo de la investigación.

También en Sudán, en cuatro regiones representativas de tipos diferentes de suelo, se estudia el potencial de varias especies del árbol leguminoso del género *Prosopis* como forraje y alimento para animales y otros fines útiles. En Jordania se hacen esfuerzos por establecer árboles de rápido crecimiento y germinación que echen raíces durante la corta estación lluviosa. Las plántulas se siembran en vados y en terrazas para aprovechar el agua lluvia recogida que en otras partes se absorbe o evapora rápidamente al cesar las lluvias.

La influencia protectora de las cortinas vegetales en los cultivos está siendo estudiada también por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INFR) de Túnez, una organización que además investiga sobre la producción, recolección y propiedades tecnológicas del pasto alfa (*Stipa tenacissima*), una planta que se convierte en pulpa para fabricar papel fino y



Arando el terreno detrás de una cortina vegetal de 12 años, en Egipto.

que se emplea en muchos usos domésticos, pero que no obstante haber sido cultivada por mas de un siglo en Túnez y en los países vecinos, ha recibido poca atención de los investigadores. A pesar de que se trata de un pasto, no de un árbol, su naturaleza leñosa y su uso final, al igual que el bambú al que nos referiremos mas adelante, cae por lo general en el campo de la investigación forestal mas que agronómica.

Investigación sobre Cultivos

Mejoramiento de Cultivos

La red de mejoramiento de leguminosas alimenticias del Medio Oriente se ha convertido en una de las realizaciones mas gratas para la División. Este proyecto se inició a comienzos de los setentas cuando el Centro prestó su colaboración a la Fundación Ford en el programa de Desarrollo Agrícola de las Tierras Aridas (ALAD) el cual, desde su sede en Líbano, puso en funcionamiento un programa de mejoramiento de sistemas agrícolas y cultivos en colaboración con varios países de la región. Este novedoso enfoque de un programa regional de mejoramiento de cultivos del cual depende la actual red de leguminosas, tuvo sus orígenes en ALAD.

Como resultado de diversos estudios detallados sobre necesidades y prioridades de la investigación agrícola en el Medio Oriente, el CIID fue invitado por el CGIAR para actuar como organismo ejecutor en la planificación y establecimiento del Centro Internacional para la Investigación Agrícola en las Areas Secas (ICARDA). El territorio investigativo de ICARDA abarca la agricultura irrigada por lluvia en buena parte de Noráfrica, el Medio Oriente y el Occidente de Asia, donde la productividad agrícola se ve restringida por falta de agua; allí la precipitación anual oscila entre 600 mm y menos de 200 mm. En el plan original del CIID y el CGIAR, ICARDA establecería tres estaciones principales: una en Líbano, otra en Siria y una tercera en Irán, esta última se concentraría en los problemas típicos de las mesetas altas de la región, en una estación investigativa adecuada cerca de Tabriz. Los hechos políticos posteriores acabaron con las esperanzas de llevar a la práctica el plan de Irán y restringieron el progreso en el Líbano.

No obstante, ICARDA ha establecido unas impresionantes instalaciones de investigación, incluyendo el destacado programa de investigación en leguminosas en una estación central cerca de Aleppo, Siria. El programa de leguminosas de ICARDA, que sigue contando con apoyo del CIID, es vital para la red de seis proyectos nacionales en Egipto, Argelia, Sudán, Turquía, Jordania y Paquistán. Cada uno de estos proyectos nacionales, auspiciados por el CIID, funciona independientemente; sus objetivos, prioridades y planes son determinados por los investigadores nacionales. El papel que ICARDA desempeña en la red de leguminosas constituye un buen ejemplo de cómo es de esencial la complementación entre un IARC y los programas nacionales de investigación que aspira a servir. ICARDA no controla los fondos, no dicta las prioridades, no dirige la investigación ni suministra asesores extranjeros a ninguno de los proyectos nacionales. A partir de su programa integrado de investigación en leguminosas, ICARDA suministra una amplia selección de materiales mejorados de reproducción,

ofrece recomendaciones sobre métodos agronómicos, asesoría técnica bajo la forma de publicaciones, talleres de trabajo e intercambio de visitas, todo ello sustentado por un programa práctico e imaginativo de capacitación.

Los intensos cursos de capacitación son fundamentales para la red y para los estudiantes que pasan varios meses en ICARDA donde hacen el seguimiento de los principales cultivos de leguminosas de la región a través de todas las etapas de preparación, siembra, manejo agronómico y recolección. Después, ellos seleccionan de las semillas cosechadas aquellos cultivares mejorados que sean mas apropiados para los requerimientos y condiciones de sus países de origen. Cerca de 20 estudiantes participan cada año en los cursos intensivos de seis meses. Además, allí se dan cursillos sobre técnicas y temas específicos. Cuando los estudiantes regresan a sus respectivos países, continúan el intercambio de material de germoplasma con el ICARDA, de resultados de pruebas y otros tipos de información, y colaboran en los experimentos que requieran condiciones ambientales o de otro tipo no disponibles en la estación central de ICARDA.

Tres variedades de leguminosas dominan el programa: las lentejas, las habas, y los garbanzos. Las investigaciones sobre el garbanzo se realizan en colaboración con el ICRISAT. Las colecciones están integradas por mas de 4.500 muestras de lenteja, 3.000 de haba y 3.500 de garbanzo, todas continuamente incrementadas con adiciones de países contribuyentes y expediciones encaminadas a la selección de nuevos cultivares y tipos silvestres.

Cruce y Selección

El Programa ICARDA es muy amplio y posee todos los componentes típicos de un programa serio de reproducción y selección. Los proyectos nacionales recogen, combinan y seleccionan tipos de plantas a partir de las semillas recogidas localmente o recibidas de ICARDA. Algunos le brindan a ICARDA el uso de sus semilleros en épocas fuera de estación y todos contribuyen a lo que es ya una base importante y creciente de información y experiencia sobre mejoramiento de leguminosas. Cuando se inició el programa ALAD, los científicos entrenados en técnicas avanzadas de investigación de leguminosas eran pocos, hoy día pasan de 120 los especialistas en leguminosas que trabajan en los países participantes.

Por varios años los científicos de Argelia han trabajado con éxito en el incremento de la producción en granja de lenteja, garbanzo, habas (*Vicia faba*) y arvejas, y en la identificación de variedades de maduración temprana y de otras con una conformación física que hace posible la recolección mecánica.

En Egipto, un proyecto intensivo de mejoramiento de leguminosas progresa de manera firme en varias estaciones de investigación y en los trabajos desarrollados en cooperación con agricultores de todo Egipto. A mas de suministrar materiales de siembra y sistemas agronómicos de manejo mejorados, el proyecto egipcio ofrece los servicios de un vivero para el estudio de enfermedades y ha emprendido estudios sobre el control de la maleza parasitaria *Orobancha* que, al igual que la *Striga*, puede inducirse a germinar cuando las semillas se tratan con análogos sintéticos de Strigol.



Cruzamiento de caupí en vivero.

Estudios económicos realizados en varias provincias muestran que las variedades mejoradas y los métodos de cultivo mas avanzados de la lenteja y el haba aumentan las utilidades del agricultor. Se ha identificado un cultivar de haba con 50% mas de proteína que los anteriores, algunos cultivares mejorados de lenteja resistentes al mildiú y a la fusariosis y un tipo exótico que madura 20 días antes que cualquier variedad local conocida.

Este amplio programa de mejoramiento de leguminosas, realizado en estaciones de investigación y en los terrenos de los agricultores, todos representativos de las principales zonas agroclimáticas de Egipto, está bajo la dirección del Instituto de Investigaciones sobre Cultivos de Campo que presta atención especial a la estabilidad de los rendimientos, al contenido protéico y a la resistencia a enfermedades predominantes, incluyendo la mancha marrón y la roya del haba, y la podredumbre de la raíz y el marchitamiento del haba y la lenteja. Como se menciona mas adelante, el complemento de este y otros programas de mejoramiento de leguminosas es el estudio de calidad y utilidad en la Universidad de Alejandría.

Las leguminosas comestibles constituyen un ingrediente central del desayuno y la cena de mas de cinco millones de campesinos pobres de Sudán. A medida que aumentan los precios de los alimentos de origen animal, las leguminosas comestibles asumen cada vez mayor importancia en la dieta de los sudaneses y otros pueblos del Medio Oriente. Las investigaciones que se realizan sobre reproducción, selección y agronomía en cuatro estaciones tienen por objeto incrementar la producción sudanesa de habas, lentejas y alubias. La producción de habas ocupa el segundo lugar después del sorgo en área cultivada.

Se espera que la investigación sobre lenteja y garbanzo en Turquía reporte beneficios a los agricultores de los países limítrofes como Irak, Irán, Líbano y Siria que presentan condiciones agroclimáticas similares. Aunque los trabajos arqueológicos señalan que hace mas de 5.000 años se cultivaba el garbanzo en Turquía, hace relativamente poco que se comenzó a apoyar el mejoramiento de las variedades locales de bajo rendimiento y poca tolerancia a las temperaturas bajas y a las enfermedades prevalecientes en la zona. Las colecciones que se efectúan en Turquía sirven para expandir la base de germoplasma nacional y regional.

Los científicos capacitados en investigación de leguminosas en la Facultad de Agricultura de Amman, estudian prácticas mejoradas de cultivo para diferentes condiciones ecológicas en Jordania y los países vecinos, incluyendo las mejoras en la rotación cereales-leguminosas-cereales, la prueba y adaptación de una máquina cosechadora diseñada localmente para la lenteja y el garbanzo, leguminosas de mayor importancia en la región.

Los programas de mejoramiento de leguminosas de Paquistán y Bangladesh, mencionados en la parte de Asia, reciben también beneficios de ICARDA y de la red del Medio Oriente, un programa que se acerca al ideal de lo que debería ser la participación de CAAN pues abarca apoyo financiero a un programa determinado dentro de un IARC al cual están vinculados diversos proyectos nacionales de investigación, demostración y capacitación.

Otros proyectos de mejoramiento de cultivos alimenticios incluyen el programa de mejoramiento del tritical en Argelia y Líbano, el primero financiado en su totalidad por el gobierno argelino, y un proyecto nuevo sobre mejoramiento de la cebada a cargo del Instituto de Investigaciones Agrícolas de Anatolia Central en Turquía. También hay un proyecto reciente en Egipto para mejorar la producción de oleaginosas como el ajonjolí, el girasol, la colza y el cacahuete, en los terrenos de los agricultores. Este proyecto se complementa con una investigación sobre las tecnologías de extracción de los aceites comestibles y el empleo de la harina rica en proteínas que queda como residuo.

La Corporación para la Investigación Agrícola de Sudán emprendió recientemente un proyecto para mejorar las características agronómicas, nutricionales y tecnológicas del cacahuete y el ajonjolí, oleaginosas muy extendidas en la región, así como de la soya; la investigación sobre reproducción, selección y agronomía contribuirá a los patrones existentes de producción de oleaginosas. Un objetivo especial de estos trabajos es el de retrasar el momento en que se abren las vainas del ajonjolí y dispersan las semillas (fenómeno conocido como el "sésamo abierto") y simplificar el proceso de recolección que se efectúa principalmente en forma manual.

Expertos en suelos de la Universidad de Alejandría tratan de aumentar la eficiencia de los cereales y leguminosas para absorber el fósforo de la fosforita y otros fertilizantes en los cultivos sembrados en suelos calcáreos de común ocurrencia en todas las zonas áridas de la región. Por medios químicos y microbiológicos se espera lograr liberar parte del 80 al 90% del fósforo inmovilizado mediante una reacción química natural en los suelos calcáreos. Se ha demostrado el efecto benéfico de pequeñas cantidades de pirofosfato

de sodio para retardar la precipitación del fosfato de calcio en los sistemas puros y en los suelos calcáreos.

Los sistemas tradicionales de siembra irrigados por lluvias, en Siria y los países vecinos, emplean el barbecho intermitente en los campos donde se siembra trigo y otros cereales. En cooperación con ICARDA, el ministerio de Agricultura y Reforma Agraria de Siria ha logrado buenos resultados con sistemas nuevos de cultivo que incluyen combinaciones de leguminosas diferentes en rotación con las siembras tradicionales de cereales. Los científicos sirios han estudiado los patrones de distribución de la humedad y el estado de los nutrientes en el perfil del suelo en cuanto es afectado por el cultivo, la rotación y grado de labranza, y han analizado y seleccionado germoplasma de cereales, leguminosas y oleaginosas procedente de ICARDA y de otras fuentes internacionales.

Recuperación del Desierto

En Egipto se desarrolla uno de los proyectos mas estimulantes del programa. Allí, científicos de varias universidades y entidades oficiales investigan los mecanismos para crear sistemas agrícolas para el pequeño productor en tierras desérticas. De tener éxito, el proyecto redundará en beneficios inesperados para muchos países de los trópicos áridos. Para que Egipto, considerado alguna vez como el granero del mediterráneo, pueda lograr la autosuficiencia alimenticia, tendrá que rehabilitar y someter a producción agrícola extensas áreas desérticas. El proyecto usará *Casuarina* y otras especies arbóreas como barreras protectoras del suelo hecho fértil mediante la siembra de pastizales resistentes y leguminosas forrajeras cultivadas con el mínimo de irrigación que, una vez arados y sometidos al pastoreo controlado de las ovejas, crearán una capa de suelo, apropiada para la producción futura de alimentos y forraje. El proyecto se beneficiará de los estudios sobre *Casuarina*, forrajes y eficiencia del fertilizante ya mencionado. Las técnicas propuestas de restauración del suelo se consideran prácticas y económicas y no recurrirán al empleo de costosas sustancias químicas cuyo uso se defiende en la región para incrementar la retención de la humedad. Una vez creada una capa superior del suelo, se estudiarán sistemas de cultivo de diversas combinaciones de cereales y leguminosas, en rotación con el pastoreo controlado en pastizales cultivados.

El proyecto se desarrolla en dos sitios, uno cercano a Ciudad Sadat donde se juntan la investigación agrícola y los proyectos complementarios de desarrollo rural que aspiran a lograr el máximo uso de los recursos disponibles. El otro, que está en construcción, es un laboratorio de investigación en el desierto, con alojamiento para científicos visitantes. En su construcción se utilizan exclusivamente ladrillos fabricados con arcilla de la zona.

Investigación sobre Ciencias animales

A lo largo de la historia, las ovejas, las cabras y los camellos han provisto de alimento y vestido a los habitantes del Medio Oriente, donde el pastoreo nómada ha coexistido con los animales de los sistemas sedentarios de

producción. Como en todas partes, las prioridades de la División en estas regiones se han centrado en mejorar los cultivos de pasturas con pastos y leguminosas forrajeras bien adaptadas, y en complementar los forrajes con los subproductos agrícolas y de los hogares y las industrias rurales que son inapropiados para el consumo humano directo.

El Instituto de Investigación en Producción Animal de Egipto ensaya la adaptabilidad y cualidad nutritiva de nuevos cultivos forrajeros, incluyendo el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), varias especies de trébol y otros pastos leguminosos en varios tipos de suelos y condiciones ecológicas. Tanto el pasto elefante como varias de las especies cultivadas de la leguminosa, muestran posibilidades de una mayor producción de materia seca bajo las condiciones imperantes. Seis cortes de pasto elefante produjeron 70 toneladas por hectárea de forraje verde durante los seis meses de verano. Alimentadas exclusivamente con pasto elefante, las hembras del búfalo egipcio y las vacas Friesian produjeron respectivamente hasta 7 y 9 kilos de leche al día y el ganado de la zona aumentó 500 gramos diarios.

Como complemento al proyecto de mejoramiento de pastos, la Universidad de Alejandría realiza un estudio para mejorar la digestibilidad y el valor alimenticio de una amplia gama de subproductos agrícolas a través de procesamientos físicos, químicos y microbiológicos. El tratamiento alcalino incrementa la digestibilidad de materiales lignocelulosos como los troncos de árbol, el bagazo de caña de azúcar, y los tallos y pajas provenientes de



Estudios en la Universidad de Alejandría, en Egipto, para mejorar la digestibilidad y el valor alimenticio de una amplia gama de subproductos agrícolas.

semillas oleaginosas y cultivos de cereales. La soda cáustica (hidróxido de sodio), el alcalino mas recomendado, es claramente inadecuada para las comunidades rurales pobres de los países en desarrollo. La soda cáustica es costosa, se produce en relativamente pocos países y sus características corrosivas constituyen un grave riesgo especialmente para los niños. Por tanto, los egipcios analizan la eficiencia de soluciones alcalinas derivadas de las cenizas de la madera quemada y de otros combustibles sólidos que se hallan disponibles en la mayoría de las comunidades rurales. Igualmente, se estudian algunos métodos novedosos para ensilar materiales agrícolas, incluyendo la paja mezclada con urea y cubierta con pulpa cítrica para absorber el amoníaco producido. La paja finamente picada y las pepas molidas del dátil muestran buenas posibilidades como alimento animal.

En sudán se apoyan proyectos similares pues el país produce un gran volumen de melazas, bagazo y otros subproductos no aprovechados. También en Siria, allí la paja de los cereales tratada con alcalinos y otros subproductos procesados se utilizará como alimento de ovejas, cabras y ganado de leche y carne. Estos y otros proyectos relacionados de la región se beneficiarán de la investigación sobre el hongo lignocelulolítico que se realiza en Tailandia, la cual se detalla en la parte de Asia.

Investigación sobre Pesquería

En el Medio Oriente se apoyan tres proyectos de acuicultura interior y un proyecto de maricultura. Desde que se tiene noticia, la ostra perlífera de labio negro ha sido escogida en las aguas pandas de la Bahía Dongonah en la costa de Sudán sobre el Mar Rojo. La capa iridiscente de madreperla en la concha de la ostra ha constituido por mucho tiempo la materia prima de una gran industria artesanal. La demanda estimada de artesanos locales y fabricantes extranjeros de botones y obras de arte se aproxima a las 1.000 toneladas de conchas al año. En 1969, inexplicablemente y repentinamente, las ostras comenzaron a morir en grandes cantidades. Cualquiera que haya sido la causa de esta morbilidad, debió extenderse rápidamente debido a la alta densidad poblacional de las ostras. Especialistas de la Corporación de Investigación Agrícola de Jartum trabajan para producir sistemas de cultivo de ostras que eliminen el hacinamiento típico del habitat natural y eviten una repetición de tal mortalidad. Mediante el empleo del cultivo en balsas o bandejas, descrito en otra sección, es probable obtener niveles de producción mas altos e higiénicos.

Sudán, el país mas grande de Africa, tiene casi cuatro millones de hectáreas de agua dulce. Aparte de la pesca de especies nativas silvestres, este enorme recurso se encuentra en su mayor parte inexplorado como fuente de pescado comestible. El gobierno de Sudán se ha empeñado en aumentar el consumo per capita de dos kilos a diez, objetivo que implica un intenso cultivo de peces en el futuro próximo.

La Sección de Piscicultura e Investigaciones Hidrobiológicas de la Corporación de Investigación Agrícola es responsable de la investigación en acuicultura y ha creado una estación en El Shegara, cerca de Jartum. La idea es establecer sistemas de policultura en los que las especies bien adaptadas

Tilapia nilotica y *Labeo niloticus* se cultiven conjuntamente con varias especies de carpa importada.

El proyecto ha mantenido existencias de las cinco especies de interés, y recoge del Nilo semilla de las especies nativas. Los ensayos para inducir el desove mediante inyección de hormonas de la carpa herbívora de procedencia externa, han dado resultados alentadores y ahora se estudian las tasas de crecimiento de los peces alimentados con compuestos alimenticios preparados a base de subproductos agrícolas locales. También se estudia la tasa de crecimiento y composición del planctón bajo diversos métodos de fertilización.

El pescado proveniente del Nilo ha sido un elemento básico de la dieta egipcia por miles de años. La construcción de la represa de Aswan ha reducido notoriamente la población piscícola del delta del Nilo y la pesca del lago Nasser (cerca de 23.000 ton/año) es insuficiente. Además de tener 300.000 hectáreas de lagos pandos, Egipto ha construido mas de 2.000 kilómetros de canales de riego. En estos canales la acuicultura en jaulas parece ser un medio posible de incrementar la producción de pescado comestible. El Instituto de Oceanografía y Piscicultura trabaja en el desarrollo del cultivo en jaulas y corrales en varios lagos interiores.

A comienzos de 1978 se sembró carpa común a densidades distintas en jaulas flotantes con marcos de metal y finas redes sostenidas por tambores de metal. Los resultados indican diferencias importantes en el aumento de peso según las densidades de población y, en algunos casos, una mortalidad que puede ser consecuencia de la entrada de plaguicidas agrícolas a los lagos.

Los estudios comparativos entre dos especies de *Tilapia* demostraron aumentos de peso superiores en la *Tilapia nilotica* frente a la *Tilapia galilea*; la primera pasó de 83 a 354 gramos en tres meses.

De gran importancia es asegurar la supervivencia de los peces en las etapas tempranas. Los resultados iniciales señalan que los sistemas de alimentación y manejo bajo prueba producen una alta tasa de supervivencia entre los alevines del mujol (*Mugil capito*) y la carpa común.

Los estudios sobre cultivo en corrales en el lago Burullus comenzaron con los análisis limológicos y la información sobre la composición y condición del agua en 26 estaciones diferentes. También se analizó y registró la composición química y el contenido de fitoplanctón y zooplanctón. Ahora se siembran dos especies de mujol (el *M. Cephalus* y el *M. Capito*) y el pez *Chrysophrys aurata* en tres sitios diferentes de dos hectáreas cada uno.

Un proyecto complejo y difícil es el del embalse Keban en el río Eufrates, en Turquía, que requerirá serios estudios biológicos, físicos y limológicos. Allí el objetivo es desarrollar métodos de carga, manejo, conservación y recolección de especies en este lago artificial. De lograrse, el pescado procedente de este lago podría servir como valiosa fuente de alimento, empleo e ingreso para la vecina población rural. Las buenas comunicaciones viales existentes permiten la rápida distribución del excedente pesquero, después de cubrir las necesidades de la población, a los mercados urbanos en Ankara.

Investigación sobre Sistemas Postcosecha

Si bien la lenteja, el garbanzo y el haba han sido por siglos una parte importante de la dieta rural, los estudios sobre las propiedades que influyen en la calidad de cocción y en la aceptabilidad de estas leguminosas han sido muy escasos. Tampoco se ha prestado la debida atención al mejoramiento de las tecnologías postcosecha para almacenamiento y procesamiento. Pero ahora en la Universidad de Alejandría se llevan a cabo estudios para llenar este vacío y específicamente para relacionar las características fenotípicas, los medios agronómicos, las condiciones de cultivo y almacenamiento de las principales leguminosas con las propiedades biológicas y químicas que influyen en las cualidades de cocción, nutrición y otras esenciales. El proyecto está integrado con el de mejoramiento de leguminosas en Egipto. Las muestras de leguminosas provienen del programa de reproducción y selección, y se suman a las muchas que se recogen en las 50 pruebas en granja y depósitos de almacenamiento en el Alto Egipto y en el delta del Nilo. Los estudios incluyen el efecto de las diferentes condiciones de almacenamiento sobre la calidad de cocción, después de introducir modificaciones a los métodos tradicionales de tostar las habas.

Aprovechando los resultados de los proyectos de molienda de sorgo en Nigeria, Botswana, Etiopía y otros lugares, el Centro de Investigaciones Alimenticias de Jartum evalúa cinco máquinas distintas con el fin de determinar cuál es mas apropiada para descortezar el sorgo en las aldeas sudanesas. La máquina que resulte mas satisfactoria en las pruebas de laboratorio será instalada en uno o mas molinos rurales de sorgo.

En Egipto, ubicado entre los paralelos 22° al norte y 33° al sur, con un promedio de luz solar de 3.600 horas al año, la intensidad solar varía entre las 700 y las 900 kilocalorías por metro cuadrado en la hora. Así, la deshidratación y el secamiento de los cultivos por insolación directa es una tradición antigua. Ya nos hemos referido a la inconveniencia técnica e higiénica de ésta. En el Laboratorio de Energía Solar del Consejo Nacional de Investigaciones en El Cairo, se han diseñado y construido varios prototipos de colectores solares y de secadores de convección. Su eficiencia técnica y económica está siendo analizada en la deshidratación del pescado y varios vegetales en algunas estaciones de investigación en Egipto.

La información recogida en estas estaciones incluye la intensidad de las radiaciones solares, el promedio estacional de la velocidad de los vientos, la precipitación atmosférica, la temperatura ambiente del aire y la humedad relativa, junto con datos sobre producción, época y condición de las cosechas, condición y composición química de varios productos agrícolas y pesqueros potencialmente aptos para secamiento solar. Con base en lo que podría considerarse criterios óptimos de demanda, se diseñó un secador que consiste en un calentador solar de aire que puede calentar hasta 800 metros cúbicos de aire por hora, accionado por un ventilador centrífugo. El aire caliente acaba con la humedad del producto que se está secando sobre bandejas de alambre de acero inoxidable sujetas a las paredes de la cámara de secamiento.

Durante los estudios de demanda se encontró la contradicción común. Las entidades oficiales preferían secadores de gran capacidad para servir a

comunidades grandes. Por su parte, los agricultores solicitaban secadores de menor capacidad que pudieran ser adquiridos y operados por una sola familia campesina. Se espera que el diseño descrito en el párrafo anterior satisfaga los requerimientos del gobierno. Para el agricultor individual, el Laboratorio de Energía Solar ha diseñado un prototipo de secador de tamaño familiar con base en un principio de convección, el cual será ensayado en varias localidades y con diferentes productos. Se han establecido vínculos de cooperación entre el proyecto egipcio y otros proyectos apoyados por el CIID, incluyendo el de secamiento de cebollas en Níger y el de deshidratación de pescado en Indonesia, Malí, Filipinas y Tailandia. Un grupo de organismos interesados realiza pruebas de campo, incluyendo la gobernación de Aswan en el lago Nasser, una comunidad creada para la rehabilitación de los veteranos lisiados de guerra, la Universidad Sharkia, y en Kafrlelalo, provincia de Giza, donde se efectuarán pruebas de deshidratación y factibilidad del secado de trébol como forraje preservado.

Pese a las poblaciones en rápido crecimiento de Egipto y otros países del Medio Oriente, la escasez estacional de mano de obra agrícola no es rara. Se requiere, por lo tanto, una mecanización adecuada para obtener el máximo de productividad y eficiencia en la recolección, almacenamiento y distribución de los principales cultivos alimenticios. A comienzos de 1978, la Corporación Behera, entidad semioficial, con base en Alejandría, inició el desarrollo de un sistema integrado de mecanización para la pequeña granja campesina. Un solo motor diesel de 12 caballos (9 kW) y uso múltiple proporciona energía para varias máquinas, incluyendo trilladora, sembradora de semillas, cultivadora, rociadora, bomba de riego y un vehículo de media tonelada. Una vez seleccionado el motor, se modificó una trilladora de arroz filipina y se adaptó a la trilla del trigo, la cebada y el sorgo egipcios, proceso que exige la separación efectiva del grano de la paja finamente picada (*tibn*) que se utiliza en la preparación de alimentos animales en Egipto. Los cambios efectuados incluyeron la reducción de espacios entre las cuchillas fijas y movibles, el rediseño de los cedazos, la división de la caja del ventilador en dos secciones, cada una con un orificio separado de entrada del aire para poder obtener la mayor velocidad del aire necesaria para separar la paja finamente picada, y otras modificaciones para reducir el costo de fabricación. A mas de la aceptación entre la comunidad agrícola de Egipto, se supo hace poco que el diseño de Behera ganó un concurso internacional por lo cual la Corporación fabricará mas de 580 modelos de la trilladora con financiación del Banco Mundial.

En el Alto Egipto, donde se cultiva sorgo, leguminosas y trigo, así como en el Delta Medio, donde el sistema Behera se aplica al maíz, el trigo, el algodón y el arroz se han iniciado las pruebas de campo. En cada caso se han hecho modificaciones según las necesidades locales. En la actualidad se trabaja en el diseño de una bomba de riego de flujo axial y de una rociadora que serán usadas conjuntamente con la unidad de tracción que está siendo sometida a pruebas de campo para la siembra de trigo, cebada, algodón, maíz y trébol.

Las facilidades de crédito para la adquisición del sistema Behera son canalizadas a través de las cooperativas de agricultores de Egipto. En un futuro cercano, la trilladora Behera y otros componentes serán suministra-



La trilladora Behera en pruebas de campo en una granja oficial cerca de Tanta Egipto.

dos a otros proyectos auspiciados por el CIID en Sudán, Etiopía, Botswana y Tanzania. Los tecnólogos de Behera actuarán allí como asesores. En todo sentido el proyecto de Behera ha demostrado ser una inversión benéfica y satisfactoria, demostrando el valor de la investigación aplicada que se lleva a cabo en colaboración directa con los usuarios rurales, no en un laboratorio remoto.

Asia

Asia es el continente mas grande del mundo, con una superficie total de 45,82 millones de kilómetros cuadrados, lo que equivale a un 30% de la masa terráquea total. La población calculada de Asia en 1970 era de unos 970 millones de habitantes y se prevé que llegará a mil quinientos millones, o sea, al 60% de la población mundial para 1985. Asia presenta la mayor variación topográfica edáfica y climática de todos los continentes, incluyendo el monte mas alto del mundo, el Everest a 8800 metros, la depresión continental mas profunda, el Lago Baikal, con 1600 metros de profundidad y cuyo lecho se encuentra a 1300 metros bajo el nivel del mar. La precipitación atmosférica varía desde niveles extremadamente bajos (por debajo de los 100 mm al año) en los desiertos de Asia Central, Occidental Central, hasta niveles de más de 1200 cm en al cinturón ecuatorial.

Aunque Asia tiene regiones muy frías, el programa del CIID se extiende por las regiones tropicales del occidente, el sur y el sudeste de Asia. Como consecuencia de un reciente acuerdo con la República Popular China, la gama de condiciones agroclimáticas puede expandirse en el futuro.

Los habitantes rurales de Asia están entre los mas pobres del mundo; 22 países asiáticos se clasifican como Países Menos Desarrollados (LDC); 7 como Países en el Menor Nivel de Desarrollo (LLDC); y 10 como Países Mas Severamente Afectados (MSA).

Con excepción de Japón, el ingreso promedio per cápita al año para Asia en 1977 fue de unos US\$240; con el promedio por país entre unos US\$110 en Birmania y más de US\$850 en Corea del Sur. Cerca del 80% de los asiáticos vive en áreas rurales y entre 70 y 80% derivan su subsistencia totalmente de la tierra. Por lo tanto, la mayor parte de la economía asiática depende de la agricultura y la principal ocupación es la de pequeño agricultor. Los granos cereales, especialmente el arroz (60% del arroz del mundo procede de Asia), las leguminosas y las raíces comestibles proporcionan la mayoría de los nutrientes esenciales. Pese a los notables incrementos en la producción de arroz y trigo en los últimos años, Asia presenta una situación deficitaria general en cereales, y se anticipa que para 1985 el déficit de cereales será de 46 millones de toneladas por año. En consecuencia, se necesita un mayor compromiso político y una inversión superior en la investigación y el desarrollo agrícolas de toda Asia en el futuro.

Varios países han demostrado los beneficios de un compromiso dedicado a la agricultura. En India, por ejemplo, la investigación y el desarrollo agrícolas constituyen los pilares del desarrollo económico. Los notables beneficios derivados de la investigación para mejorar el trigo y el arroz son ejemplo de lo que se podría alcanzar con esfuerzos investigativos semejantes en las leguminosas, oleaginosas, tubérculos y raíces comestibles.

El nivel óptimo de consumo de los cereales y las leguminosas es dos partes de peso de cereal por uno de leguminosas, pues en esta proporción las proteínas se complementan nutricionalmente. Debido a la escasa atención investigativa, los rendimientos de las leguminosas son bajos y, en consecuencia, los agricultores han reducido sus siembras de leguminosas y oleaginosas en todo el Sur y el Sudeste Asiático, donde la proporción actual de producción de cereales y semillas leguminosas es aproximadamente de 9 : 1.

Como en otros continentes, las mayores inversiones de la División en Asia han sido en proyectos de investigación de cultivos, incluyendo una red de sistemas de cultivo con proyectos dedicados a cultivos tan abandonados como los mijos menores, las oleaginosas, las raíces y algunas leguminosas. Para la investigación mundial sobre sistemas de cultivo, resulta de gran valor la metodología de investigación desarrollada por el IRRI que continuamente se revisa, modifica y adapta a las necesidades y recursos individuales de los países.

Algunos de los resultados mas sobresalientes han surgido de la investigación en acuicultura y maricultura, y la experiencia obtenida está siendo adaptada a otros continentes. Una red con la que el CIID y otros organismos colaboran, ha estimulado un novedoso enfoque a la investigación de los sistemas postcosecha. El apoyo a la investigación sobre silvicultura ha sido menor, con relativamente pocos proyectos en esta región. Sin embargo, su número aumentará a medida que varios proyectos para la mejora del bambú y el mimbre comiencen sus actividades. El menor número de proyectos ha sido en el área de las ciencias animales pero con el nombramiento de un nuevo Director Asociado para esta área, quien ha vivido en Asia por largo tiempo, se espera ampliar el apoyo a la investigación en esta área. En el Cuadro 4 aparecen los totales acumulados de los proyectos y el monto de las apropiaciones en once países de Asia.

Investigación sobre Pesquería

Cultivo de Peces

Desde épocas remotas se ha practicado en Asia el cultivo de peces de agua dulce, salada o salobre. Hasta hace poco, sin embargo, los avances fueron mas un resultado de los empírico que del estudio científico sistemático. Aunque otros organismos se interesan ahora en el tema, la División desde su fundación ha estimulado la investigación en acuicultura mas que cualquier otro organismo internacional de ayuda.

El cultivo de peces ofrece buenas ganancias, especialmente si se practica en lagos, estanques y ríos aldeanos del interior, y en estuarios y otras aguas tranquilas de la costa. Por su baja utilización de calorías para conservar la temperatura del cuerpo, los peces son mucho mas eficientes en convertir el alimento en carne que la mayoría de los animales terrestres. Muchas plantas acuáticas con que se alimentan los peces emplean la luz solar con mayor eficiencia fotosintética que sus congéneres terrestres. El cultivo de peces es mucho mas seguro que la pesca oceánica, y cuando se controla por medios científicos, los rendimientos son mas predecibles. El cultivo de peces se

Cuadro 4. Total de apropiaciones y número de proyectos en los países asiáticos.

País	Cultivos y sistemas de cultivo		Pesquería		Ciencias Animales		Silvicultura		Sistemas postproducción	
	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos
Bangladesh	903,5 (65%)	3 (50%)					183,7 (13%)	1 (17%)	310,9 (22%)	2 (33%)
Corea									276,9 (100%)	3 (100%)
India	4109,6 (78%)	13 (76%)	373,1 (7%)	1 (6%)					755,3 (15%)	3 (18%)
Indonesia	426 (27%)	2 (18%)	457,1 (29%)	2 (18%)	98,4 (6%)	1 (9%)	29,1 (2%)	1 (9%)	561,1 (36%)	5 (46%)
Malasia	363,1 (28%)	1 (12,5%)	746,5 (57%)	5 (62,5%)	99 (8%)	1 (12,5%)			96,3 (7%)	1 (12,5%)
Papua Nueva Guinea	140,2 (100%)	1 (100%)								
Paquistán	376,1 (100%)	1 (100%)								
Filipinas	6338 (67%)	13 (46%)	1354 (14%)	4 (14%)			288 (3%)	1 (4%)	1471,6 (16%)	10 (36%)
Singapur			599,5 (82%)	3 (60%)					133 (18%)	2 (40%)
Sri Lanka	1412,6 (93%)	7 (88%)	109,7 (7%)	1 (12%)						
Tailandia	1552,3 (57%)	4 (21%)			401,4 (15%)	3 (16%)			789,4 (28%)	12 (63%)

puede integrar provechosamente con otros sistemas artesanales y agrícolas de producción rural ya que algunas especies son cuidadosamente seleccionadas según su capacidad de subsistir con subproductos y desperdicios agrícolas, incluyendo algunos no apropiados para los animales domésticos.

En Asia el método mas tradicional de cultivo de peces comienza con la recolección de las especies jóvenes en aguas poco profundas y en los lugares de desove. Como este antiquísimo método de recolección de semilla es inadecuado e incierto y desperdicia un recurso vital, la División brindó apoyo, primero que todo, a la investigación sobre reproducción en cautiverio.

La renuencia de las hembras grávidas de algunas especies, a desovar en cautiverio, era bien conocida. Ya se había demostrado, primero en Brasil, que la postura de huevos podía ser inducida mediante inyección de extractos de pituitaria cruda u otras fuentes de la hormona sexual gonadotropina a las hembras grávidas. Para satisfacer la demanda de la gonadotropina pituitaria en Asia, el Centro, mediante un contrato con la Fundación de Investigaciones de Columbia Británica, y en colaboración con una operación de empaque de salmón en la costa occidental de Canadá, obtuvo grandes cantidades de pituitarias de salmón del Pacífico y con un método desarrollado por el Consejo de Investigación en Pesquería de Canadá se extraen las hormonas. Este material sirvió para comenzar con la reproducción inducida en varios proyectos asiáticos; posteriormente se encontró que los extractos de pituitaria de especies nativas de Asia eran al menos tan efectivos como las hormonas del salmón, y a veces mas.

En Malasia, la acuicultura ofrece una fuente barata y accesible de proteína a partir de las aguas dulces del interior del país, tanto por ocurrencia natural como resultante de las represas, los diques y las excavaciones de las minas de estaño. La acuicultura produjo cerca de 42.000 toneladas en 1980 y para 1985 se espera una producción de mas de 50.000. Para lograr este incremento se necesitarán, por lo menos, 10 millones mas de alevines de especies como la carpa china, la carpa nativa y otras especies aceptadas. Malasia importa alrededor de 25 millones de alevines de carpa china al año. En un proyecto realizado en Malaca por el Instituto de Desarrollo e Investigación Agrícola de Malasia (MARDI), tanto la carpa local como la china han sido desovadas en cautiverio. La carpa plateada y la carpa cabezona pueden desovar con un 80 a 90% de éxito; aunque proporcionalmente mas pobre que las otras dos, la carpa hervíhora también ha sido desovada en cautiverio. El grado de supervivencia de los alevines ha mejorado principalmente por el cultivo de suministros alimenticios vivos especialmente *Daphnia* y *rotifers*. También se ha logrado desovar otras especies de peces bien aceptadas localmente. Los progresos actuales han sido sobresalientes a pesar de que las técnicas de desove requieren mayor perfeccionamiento y normalización para la amplia diversidad de condiciones estacionales, climáticas y ecológicas predominantes.

La Universidad de Sains Malaysia realiza investigaciones sobre otras fuentes de gonadotropina, incluyendo las pituitarias del atún que se pesca en la costa occidental de la península. El descubrimiento de que las pituitarias de la carpa común pueden inducir el desove de la gran mayoría de las especies ha sido de gran importancia para los cultivadores de peces de

Malasia. Habrá que determinar si se pueden obtener y extraer cantidades suficientes de pituitaria de carpa común para satisfacer las demandas de los futuros sistemas de reproducción inducida. Se requiere mas investigación sobre los factores que afectan la incubación de las crías, la supervivencia de los alevines en criadero, la tasa de desarrollo y crecimiento de las especies juveniles y adultas cultivadas. Es urgente disponer de mayores conocimientos sobre los requerimientos nutricionales de las especies cultivadas en todas las etapas de crecimiento y desarrollo y bajo todo tipo de condiciones ambientales a que puedan estar sometidas. En el laboratorio de estudios nutricionales de Malaca, los resultados señalan que en los criaderos se necesitan alimentos vivos durante un período mínimo de 10 a 14 días después de la absorción del receptáculo de la yema y que si bien las dietas compuestas y sintéticas sostienen un crecimiento y una supervivencia razonables en algunas especies, en otras, incluyendo la carpa plateada y cabezona, tales dietas producen anomalías, posiblemente por deficiencia de micronutrientes. Sin embargo, estudios recientes indican que el alimento vivo puede producirse en cultivo casi continuo mediante la fertilización orgánica e inorgánica de las aguas.

Aunque cada uno de los proyectos de acuicultura y maricultura auspiciados por el CIID ha contribuido a la suma de conocimientos sobre el tema, hay la necesidad clara de crear un centro internacional de investigaciones sobre acuicultura, dotado con recursos físicos y científicos comparables a los que dispone un centro internacional de investigación agrícola. El núcleo para semejante centro se encuentra en el Departamento de Acuicultura del Centro de Desarrollo Piscícola del Sudeste Asiático (SEAFDEC), cuyas estaciones de investigación han sido financiadas en buena parte por el gobierno de Filipinas, en menor grado por el de Japón y recientemente por el CIID. En las recomendaciones de la Misión de Estudio sobre la Acuicultura en Asia, auspiciada por el CIID, se enumeran las prioridades de la investigación en acuicultura que podrían ser asumidas o coordinadas por SEAFDEC.

Sábalo

Al tiempo que continúa estimulando un mayor apoyo de los donantes internacionales a los esfuerzos de investigación agrícola internacional, la División ha concentrado su apoyo investigativo en Filipinas en un proyecto sobre al sábalo (*Chanos chanos*), el cual se ha visto coronado con un extraordinario éxito.

Aunque aparentemente es mas abundante en el Sudeste Asiático, el sábalo se encuentra también en el mar Rojo, a lo largo de la costa oriental de Africa, en los océanos Indico y Pacífico y en lugares tan lejanos como las costas mexicanas. El ciclo de vida de este pez es básicamente lo contrario del salmón del Pacífico. Las hembras adultas ponen sus huevos en las aguas costeras pandas, los peces jóvenes emigran hacia los ríos de agua dulce y a su debido tiempo regresan mar adentro donde crecen hasta su madurez. Se dice que los cultivos de sábalo, comenzando con la cría que se atrapa en las aguas costeras, se iniciaron en Java antes del siglo XV. En la actualidad hay estanques de sábalo en Filipinas, Indonesia, Hawaii, Vietnam, en el delta Rewa de India, Taiwan, las islas Fiji y las Gilbert. En forma colectiva, Filipinas, Indonesia y Taiwan producen mas de 250.000 toneladas de sábalo

en aguas salobres y dulces, con un valor calculado de mas de \$100 millones de dólares al año.

El sábalo se adapta a varios sistemas de cultivo, a condiciones de agua dulce, salobre y salada. Estos peces son esencialmente herbívoros y crecen bien en redes, corrales o jaulas, en las ricas aguas de los embalses, en los pozos de minas abandonadas, en las lagunas salobres, en los pozos naturales y en las tierras inundadas. Alimentándose a base de algas filamentosas y bentos, el sábalo crece hasta un tamaño comercial en los estanques costeros de menos de un metro de profundidad. Es un pez versátil y adaptable. Desafortunadamente, las hembras son renuentes a desovar en cautiverio y el suministro de alevines desovados en forma natural es del todo inadecuado para satisfacer la demanda actual y futura de este tipo de cultivo acuático.

Aunque varios intentos anteriores habían fracasado, los científicos del proyecto auspiciado por el CIID en Filipinas lograron que las hembras grávidas del sábalo desovaran en cautiverio. El primer desove inducido se logró en 1977 al inyectar a una hembra grávida una mezcla del extracto de pituitaria de salmón secado con acetona y gonadotropina coriónica humana. De los huevos fertilizados e incubados que depositó, 45 de las larvas resultantes lograron llegar al estado de alevín, 25 de los cuales sobrevivieron hasta alcanzar un kilo de peso. En 1978 en la Estación de Tigbauan de SEAFDEC, se repitió el experimento del desove inducido, fecundando artificialmente los huevos e incubándolos. De las larvas resultantes, las alimentadas con comida artificial murieron a los cuatro o cinco días, mientras que las que recibieron alimentos acuáticos de ocurrencia natural, como el *Chlorella* y el *Brachionus*, sobrevivieron. A continuación se domesticó y crió una reserva de sábalo silvestre en estanques experimentales en Pandan. Durante el traslado del medio silvestre al doméstico se lograron tasas de supervivencia de 81 y 97%. Los peces jóvenes que se criaron desde su estado silvestre en corrales de maduración están tan domesticados que comen en la mano y han aprendido a asociar las horas de alimentación con el golpeteo de dos cañas de bambú.

El apareamiento precoz del sábalo fue posible gracias al descubrimiento de que mientras el macho presenta un orificio anal, mas un solo orificio urogenital, la hembra presenta separados los orificios anal, urinario y genital. Los resultados de los experimentos indican que las algas microbénticas constituyen una fuente importante de alimento natural para todas las etapas del pez criado en estanques. Actualmente se estudia la respuesta de los adultos a los alimentos sintéticos en cápsulas.

Los estudios sobre policultivos (especies diferentes en el mismo ambiente acuático) mostraron una alta tasa de crecimiento cuando el camarón y el sábalo se crían juntos en una proporción de unos 25 : 1. Como ninguna de las especies es competitiva, la combinación sirve para aumentar la capacidad de carga de cada estanque. En el lago de Binangonan, de agua dulce, la producción de sábalo tuvo un promedio de 5 toneladas por hectárea en cada cosecha, si bien el rendimiento fue menor en aguas turbias que inhiben el crecimiento del fitoplanctón.

Estudios socioeconómicos han mostrado que el cultivo del sábalo proporciona empleo directo a unos 170.000 trabajadores filipinos; los rendi-



Alevines — el resultado del desove inducido del sábalo en SEAFDEC.

mientos promedio de producción son de unos 600 kilos por hectárea al año, y la estación mas propicia para la recolección de cría es de abril a junio. Estos estudios determinaron también el promedio y la gama de los precios del alevín y del pescado comerciable, los niveles de inversión de capital y costos operativos requeridos para las diferentes escalas de producción, la disponibilidad de crédito, y las ganancias promedio de los cultivos en estanque y red. Las prioridades investigativas para el futuro incluyen el aumento en la producción de semilla, la disminución de la mortalidad durante la cría de los peces jóvenes, el desarrollo de las camadas para el suministro de hembras grávidas a los criaderos, y el mejoramiento de las técnicas de cultivo y manejo. Ambientes acuáticos diferentes exigen sistemas de manejo diferentes; actualmente se trabaja sobre el cultivo en jaulas, en lagos artificiales y otros tipos de medios acuáticos.

Maricultura

Singapur, con una población de 2,2 millones de habitantes que viven en una superficie de 580 kilómetros cuadrados, importa al año cerca de 75.000 toneladas de pescado. La única forma en que Singapur pueda reducir su dependencia de estas importaciones parece ser la maricultura intensiva. Es por tanto satisfactorio saber de los excelentes resultados obtenidos en dos proyectos de maricultura realizados por el Departamento de Producción Primaria del gobierno de Singapur. Cada proyecto estudia el establecimiento de sistemas de cultivo de peces económicamente viables; primero, a través del cultivo intensivo del pescado de aleta marino en jaulas y canales; segundo, mediante el cultivo de mejillones bajo balsas flotantes en las aguas costeras del estrecho de Johore Oriental. Las jaulas se conservan a flote

mediante barriles plásticos recubiertos con una pintura que evita el fouling y mantenidos en posición por anclas de concreto en forma de trapezoides. Desde que comenzó la investigación, un número cada vez mayor de pescadores y de operadores de trampas empalizadas para el pescado han construido jaulas flotantes para el cultivo de peces en pequeña escala.

Durante 1977 se logró inducir el desove en cautiverio del mero (*Epinephelus tauvina*) y posteriormente del pargo dorado (*Lutjanus johni*). Actualmente los peces de dos años pueden ser desovados durante todo el año dependiendo del estado de desarrollo gonadal. Igualmente se han completado los estudios sobre la inducción hormonal del cambio de sexo en que se muestra que peces de dos años pueden ser transformados en machos funcionales mediante tratamientos de metiltestosterona. Los machos así producidos están disponibles para reproducción mucho mas temprano en su ciclo vital.

Otras especies comercialmente importantes han sido artificialmente reproducidas como resultado de un detallado estudio de sus ciclos de reproducción. Resultados de la reproducción inducida del pez conejo, de gran aceptación comercial, demostraron que las épocas de desove se vinculan estrechamente con el ciclo lunar. Se seguirá investigando para asegurar un suministro adecuado de semilla durante todo al año. Un problema importante por resolver es el desarrollo de un sistema de criaderos e incubadoras para la producción en gran escala de alevines. Esto requiere perfeccionar un sistema de bombeo y de filtración de agua marina para asegurar que el agua del criadero está libre de contaminantes indeseables.



Jaulas flotantes donde se logró el desove natural del sábalo en cautiverio.

Los estudios sobre nutrición aspiran a producir alimentos para peces adultos, elaborados con los subproductos disponibles de la agroindustria y la pesquería. Debido a la demanda de las especies cultivadas, que crecen bien en jaulas flotantes, la utilidad económica potencial para los pequeños pescadores costeros, parece atractiva y, como ya se dijo, mucho menos arriesgada que la salida al mar en botes pequeños. Los estudios preliminares indican una tasa de producción potencial de 40 kilos por metro cuadrado, lo cual se extrapola por el área disponible, da aproximadamente 400 toneladas por hectárea, con un valor cercano a \$4 millones de dólares de Singapur al año.

El mejillón se encuentra entre las especies mas eficientes para la conversión del fitoplanctón en carne y por ser uno de los organismos marinos mas resistentes, responde muy bien a la maricultura masiva y amplia. Aunque en el pasado el mejillón ha sido cultivado especialmente en los países europeos, las ricas fuentes de planctón y las temperaturas cálidas de las aguas tropicales ofrecen un potencial inexplorado para su cultivo. Actualmente, el cultivo de mejillón en Asia representa menos del 5% de la producción mundial. Los habitantes costeros de Kampong en Singapur recogen el mejillón silvestre de las cañas de sus trampas de pesca. Debido al hacinamiento, la producción es escasa y en algunos casos la higiene deja mucho que desear. La calidad nutritiva de la proteína del mejillón se puede comparar con la de otras proteínas de origen animal, aparte de que el mejillón generalmente tiene un contenido de carne, en relación con la concha, superior a la mayoría de los mariscos. En efecto, el mejillón está entre los productores mas polímeros de proteína comestible del mundo animal. Bajo condiciones favorables, la producción anual de proteína por hectárea de agua superficial excede en buena medida la proteína producida por una hectárea de soya.

Como sucede con otros bivalvos, las larvas jóvenes del mejillón son móviles por un período breve después de incubar y en el estado silvestre se adhieren a cualquier superficie submarina apropiada en donde crece filtrando su alimento de las aguas circundantes. La alimentación filtrada no solo concentra nutrientes esenciales sino también organismos patógenos de las aguas contaminadas. En consecuencia, el mejillón, la ostra y otros cultivos bivalvos exigen un ambiente libre de contaminación con flujos mareales que aseguren una provisión continua de alimentos. Como muchas otras especies acuáticas, mientras mas elevada sea la temperatura del agua, mas rápida será la tasa de crecimiento. Por lo tanto, el mejillón y la ostra que se cultivan en aguas tropicales crecen a un ritmo bastante superior al de sus congéneres cultivados en las latitudes nortenas.

En Singapur se han efectuado estudios sobre varios métodos de cultivo, incluyendo las balsas, el sedal largo, las cañas y el método *bouchot*; los mas prometedores son la balsa y el sedal largo. Los científicos del Departamento de Producción Primaria diseñaron un sistema de cultivo del mejillón altamente productivo en el cual a las balsas flotantes se colgaron largas cuerdas sumergidas. Debido al peso de los mejillones cuando llegan a la madurez, se necesitaron cuerdas de polietileno muy resistentes. Sin embargo, se descubrió que el polietileno solo era demasiado liso y no permitía que la semilla del mejillón se adhiriera a la cuerda. Se decidió entonces poner en la cuerda de

polietileno bandas toscas de fibra de coco suficientemente espaciadas para evitar el hacinamiento de los mejillones. La cuerda central de polietileno sirve tanto para la adhesión de la semilla como para el crecimiento del mejillón sin desgastarse, lo cual reduce el costo de la mano de obra además de permitir un rendimiento del orden de los 52 kilos de mejillones vivos por cuatro metros de longitud de cuerda durante seis meses de cultivo.

A partir de estudios biológicos de los factores que afectan el crecimiento y asentamiento de la semilla, los científicos han identificado como las áreas mas propicias para la recolección y crecimiento de la semilla los terrenos con concentraciones altas de fitoplanctón y corrientes lentas.

Las balsas son básicamente pontones de madera sostenidos por barriles plásticos de 200 litros de capacidad. La cuerda de polietileno y fibra de coco tiene 14 mm de diámetro con trozos centrales de 30 cm colocados en el centro de cada metro. Se suspenden en cuatro cuerdas por metro cuadrado; las larvas se asientan densamente en los extremos abiertos de las fibras de coco lo cual las dispersa de manera uniforme a lo largo de toda la cuerda.

En las aguas costeras alrededor de Changi se cultiva un cuarto de tonelada de mejillón debajo de cada metro cuadrado de balsa en seis meses; por extrapolación ello equivale mas o menos a 90 toneladas de proteína por hectárea de agua superficial. Comparativamente, una buena cosecha de soya producirá unos 0,9 de tonelada de proteína por hectárea al año.

El proyecto promete un sistema altamente productivo de cultivo de mejillones; en la actualidad se da énfasis al tratamiento postcosecha, in-



Cultivo de mejillones en Singapur.

cluyendo estudios sobre la duración del mejillón fresco y de la carne secada al sol.

En Sabah una investigación inicial determinó las mejores áreas costeras para el cultivo de ostras tropicales e identificó dos especies de *Crassostrea* y una de *Iredales* como abundantes y apropiadas para el cultivo. Las técnicas para la recolección de semilla y los sistemas de cultivo en balsa están ya suficientemente avanzados como para hacer demostraciones a las comunidades rurales costeras. La demanda relativamente alta de ostras hace prever ganancias satisfactorias a la inversión en capital y mano de obra.

El cultivo en agua dulce está todavía lejos de una explotación adecuada, y existen muchas especies nativas de las aguas interiores de Asia que podrían ser cultivadas si se tuviera mejor comprensión de su biología básica. En Sarawak, el ministerio de Agricultura y Desarrollo de la Comunidad estudia las existencias de especies nativas de agua dulce, el ambiente ecológico y los cambios que sufre, así como la reducción en la población de peces debido a un sistema de pesca mas eficiente con redes de monofilamento y a la mortalidad producida por contaminantes tóxicos y nocivos. El estudio aspira tanto a lograr una mayor conservación como a identificar las especies locales propicias para cultivo en jaula o en otros sistemas de agua dulce. El progreso de este estudio ha sido relativamente lento, en parte porque es único en la región y las metodologías no están aún bien establecidas. Además, están las graves inundaciones que ocasionaron cuantiosas pérdidas a las crías de peces en los experimentos de cultivo en jaula. Al igual que en otros proyectos auspiciados por el CIID, se ha recibido ayuda valiosa de CUSO que suministró dos voluntarios al proyecto, lo cual a su debido tiempo deberá tener implicaciones importantes para la pesquería interior en varios países del Sudeste Asiático.

En Indonesia se apoyan dos proyectos en aguas dulces. El primero busca controlar importantes infecciones y enfermedades parasitarias naturales; el segundo busca desarrollar técnicas de cultivo para especies locales y aceptadas de agua dulce. Los estoparásitos del género *Lernea* causan severa depredación en las especies silvestres y cultivadas de las aguas interiores de Sumatra y de otras partes del Sudeste Asiático.

Actualmente se llevan a cabo estudios sobre la epidemiología, el ciclo vital y los factores ecológicos naturales y artificiales que favorecen al *Lernea* y los ectoparásitos relacionados. A través de un sistema de filtración mas eficiente en los criaderos, la debilidad producida por la toxicidad proveniente de la elevada concentración de plaguicidas agrícolas en las aguas naturales parece aumentar la susceptibilidad de los peces a los parásitos. Un consultor del proyecto preparó un valioso manual sobre la parasitología de los peces.

En la Universidad Pertanian Malasia, un proyecto de reciente creación estudia también el ciclo vital y los medios de control del *Lernea* y los copépodos relacionados, crustáceos diminutos que viven en forma parasitaria de muchas especies de peces.

El Instituto de Investigaciones Piscícolas de Agua Dulce, en Bogor, analiza la biología, la historia, la ecología y los patrones de reproducción de

varias especies nativas con miras a seleccionar las mas apropiadas para el desove inducido y el cultivo en jaulas. El escaso conocimiento actual permite cultivar solo una pequeña fracción de las mas de mil especies comestibles de agua dulce que se conocen. Una investigación para controlar los parásitos, incluyendo *Trichodina*, entre los peces cultivados y silvestres de agua dulce en Filipinas, está siendo considerada por la Universidad del Estado de Luzon Central.

En Sri Lanka, el ministerio de Piscicultura estudia la aplicabilidad de los sistemas de cultivo en jaula al antiguo método de 'tanques' que se describe en la sección dedicada a los sistemas de cultivo. El consumo per capita de pescado ha disminuído últimamente en Sri Lanka debido a los costos elevados de las especies marinas. Pero el país tiene un potencial inexplorado para el cultivo de peces en los mas de 10.000 tanques (embalses de regadío) con que cuenta. La cría de peces silvestres en los tanques no ha dado resultados satisfactorios ya que los adultos son difíciles de recoger. El cultivo de especies apropiadas en jaulas u otros cercados sumergidos ofrece una alternativa viable.

En cada uno de los tres proyectos se han construído doce jaulas experimentales. El uso de malla fina en la elaboración de las mismas permite el abastecimiento temprano de cría de corta edad. Un alimento compuesto, formulado por el Instituto de Tecnología Piscícola, está en prueba con la carpa china, y además se construyen jaulas adicionales para ampliar el número de experimentos. Los estudios económicos se encargarán de analizar los costos y el beneficio del cultivo en jaulas, junto con los costos de transporte, distribución y comercialización.

Se prevé que a su debido tiempo, el cultivo en jaulas será administrado y beneficiará a los habitantes de aquellas comunidades que implantan también los sistemas mas productivos de cultivo que se describen en la sección dedicada al programa en Asia.

Policultivo

Varias publicaciones del CIID han descrito el éxito de las investigaciones que sobre policultivos desarrolla el Instituto de Investigaciones Piscícolas de la Región Central (CIFRI). Con apoyo del Banco Mundial, el gobierno hindú parece inclinado a establecer instalaciones para la producción de semilla y bancos de semilla en varias regiones del país con miras a reproducir los sistemas de producción desarrollados en el CIFRI y ensayados con resultados positivos en Bengala Occidental y Orissa con apoyo del CIID.

En pocas palabras, el sistema de policultura consiste en la siembra en estanques comunales de cinco o seis especies diferentes que consumen distintos componentes del recurso alimenticio disponible. Una combinación de policultivos estudiada pormenorizadamente consiste en la combinación de tres especies de carpa nativa y tres extranjeras, cada una con diferentes hábitos alimenticios. Antes de sembrar la combinación determinada de cría, el estanque se limpia de todos los organismos competidores y depredadores potenciales mediante el tratamiento del agua con una torta de semillas oleaginosas de origen local que contiene un tóxico alcaloide biodegradable, Mowrin, el cual después de destruir los organismos competitivos se di-

suelve en sustancias inocuas. A continuación se siembran los peces y regularmente se fertiliza el estanque con estiércol orgánico y fosfatos inorgánicos para estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. La vegetación que se corta, así como los sobrantes de la huertas y mercados son puestos a flotar en canastas junto con salvado de arroz y otros subproductos industriales. Las especies herbívoras de la carpa aprendan rápidamente a alimentarse en este depósito flotante de alimentos. Antes de los sistemas de policultivo, los estanques comunales producían, si acaso, media tonelada de pescado por hectárea al año. Con la introducción del policultivo se han informado rendimientos de mas de seis toneladas por hectárea.

A mas de ser adoptados por las comunidades rurales, los sistemas de policultivo han llamado la atención de instituciones, como el Instituto Hindú de Administración, orfanatos y varias escuelas, algunas de las cuales incluyen ahora la acuocultura como parte de su programa de ciencias biológicas. En forma análoga a la investigación sobre sistemas de cultivo, la investigación hindú sobre policultura ha desarrollado una valiosa metodología investigativa, además de técnicas y sistemas de administración de cultivos que, con apoyo del CIID, pueden ser adaptados por otros países en desarrollo.

Si bien cada uno de los proyectos descritos estudia diferentes aspectos de la acuocultura y la maricultura, existen muchas características similares y el propósito de la División, a través de su personal de programa domiciliado en Singapur, es asegurar la cooperación entre los varios participantes. Como se ha señalado, el progreso logrado en el desove inducido es extraordinario, pero aún queda mucho por aprender sobre la fisiología reproductiva de las crías y los efectos de todos los factores pertinentes a la supervivencia larval y juvenil, a los requerimientos nutricionales, y a la tasa de crecimiento y de resistencia a los parásitos y a las enfermedades. La División continuará estimulando una mayor inversión en la acuocultura y la maricultura entre las naciones del Sudeste y del Sur Asiáticos y entre los organismos donantes.

Investigación sobre Cultivos

Cultivo Múltiple

El cultivo múltiple puede definirse como la siembra de uno o mas cultivos el mismo año en el mismo pedazo de tierra, y abarca: cultivos mixtos en que se siembran simultáneamente dos o mas cultivos; cultivos en relevo en que se siembra una segunda cosecha antes de recoger la primera; o cultivo secuencial en el que se siembran cultivos adicionales antes y/o después de la estación de siembra. Como el arroz constituye el principal cultivo alimenticio de Asia, la mayor parte de los sistemas de cultivo se han creado alrededor de la economía de producción de la pequeña granja arrocería. La red de proyectos auspiciados por el CIID en Asia está vinculada al Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI), que, en cooperación con varios países asiáticos, ha desarrollado la metodología básica y ha probado varios sistemas propuestos para condiciones climatológicas, edáficas y socioeconómicas alternativas.

La investigación sobre sistemas de cultivo múltiples comenzó en el IRRI a finales de los sesentas en modesta proporción hasta 1971 cuando el CIID dió financiación para un agrónomo y un economista agrícola. La financiación del CIID al programa del IRRI ha continuado a través de la década, aunque el equipo de investigadores y sus actividades son superiores a lo que el CIID pueda financiar.

Desde un comienzo el IRRI trabajó en la formulación de una metodología de investigación de sistemas de cultivo, incluyendo factores tanto técnicos como socioeconómicos, y en el desarrollo de sistemas alternativos de cultivo para áreas con ambientes agroclimáticos similares. De igual valor es el programa de capacitación en sistemas de cultivo que los científicos del IRRI han desarrollado en cooperación con la Universidad de Filipinas en Los Baños (UPLB). Igualmente, el CIID contribuyó al primero de una serie de talleres de trabajo regulares en los que los investigadores en sistemas de cultivo de Asia pueden compartir experiencias y comparar resultados.

Los programas de capacitación del IRRI y la UPBL varían desde cursillos especializados hasta estudios de postgrado. Una de las actividades de capacitación más novedosa es la que incorporó jóvenes científicos de distintos países asiáticos con disciplinas tan diversas como fitomejoramiento, agronomía y sociología rural. Todos ellos trabajaron en las mismas comunidades sobre aspectos del cultivo múltiple pertinentes a sus respectivas disciplinas y al final presentaron lo que se podría describir como un conjunto relacionado de tesis de grado.

A comienzos del programa, el CIID financió un estudio en el cual dos científicos caracterizaron, mapearon y evaluaron la productividad real y potencial de los suelos donde se cultiva arroz en Asia. Este estudio incluyó tanto suelos de tipo superior como suelos 'problema', por ejemplo, aquellos altos en sulfatos ácidos, salinidad, alcalinidad y hierro, y aquellos con deficiencias de zinc, fósforo y otros nutrientes esenciales. Junto con la información de una investigación climatológica, los científicos nacionales y los del IRRI pudieron clasificar la región, seleccionar los sitios típicos de áreas agroclimatológicas más extensas en las cuales se pudieran evaluar los patrones alternativos de cultivos con potencialidad y adaptabilidad. Aun cuando los sistemas de cultivo tienden a ser "específicos de un sitio" y a estar muy influidos por el ambiente físico, social y económico en que existen, hay principios generales de amplia aplicación.

Además del programa de IRRI, el CIID ha auspiciado proyectos específicos de sistemas de cultivo en sitios seleccionados de Filipinas, Indonesia, Tailandia, Bangladesh y Sri Lanka en los cuales la mayor parte de la investigación se lleva a cabo en los terrenos de los agricultores. Cada proyecto se inicia con un estudio tan completo como los recursos permitan de los sistemas agrícolas existentes, los patrones de producción de cultivos, factores económicos tan importantes como la demanda y disponibilidad de mano de obra, los costos y utilidad económica, las facilidades de crédito y mercadeo. A partir de esta información básica es posible determinar los efectos y limitaciones que resultarán de los cambios subsiguientes en los sistemas de cultivo. (Los componentes básicos de la investigación en sistemas de cultivo se indican en las Figuras 1 y 2).

El auspicio del CIID al IRRI y a los cinco programas nacionales ha estimulado en gran medida la investigación en granja sobre sistemas de cultivo en Asia. Jóvenes investigadores en mas de 70 emplazamientos desarrollan tecnologías mejoradas de producción en cooperación con los pequeños agricultores, cuya mayoría trabaja menos de dos hectáreas de tierra.

En Indonesia, Filipinas y Sri Lanka, los agricultores han adoptado en gran número los patrones mejorados de cultivo que involucran nuevas variedades de cultivos y métodos de administración y que conforman la base de los programas de producción nacional a gran escala. En Indonesia, las tierras arroceras secas y susceptibles de erosión están sembradas ahora con una combinación de cultivos intercalados y secuencialmente plantados que incluyen arroz, yuca, maíz, caupí y otros, de manera que la tierra nunca está desocupada durante la estación de crecimiento.



En Sri Lanka se han desarrollado nuevos cultivos y sistemas de cultivo para ser usados con el antiguo sistema de tanques de irrigación.

Los estudios de Sri Lanka sobre sistemas tradicionales de producción de arroz con base en tanques, con su complejo de campos secos y húmedos, han llevado a un sistema estable de producción de dos cultivos para las tierras húmedas. En la actualidad se aplican sistemas mejorados en mas de 40 'tanques menores' de la zona seca de Sri Lanka.

En Filipinas, se introdujo la doble siembra de arroz en las áreas húmedas regadas por lluvia donde previamente se producía una sola cosecha al año. La expansión de estos sistemas de producción, en áreas regadas por lluvia en las islas centrales y sureñas de Filipinas, es financiada por el Banco Mundial. En muchas localidades se ha introducido con buenos resultados la siembra de leguminosas de estación corta después del arroz. El caupí, sembrado después del arroz, benefició la siguiente siembra de arroz al enriquecer las áreas de textura mas ligera de Sri Lanka. En Filipinas, un sistema mejorado de control de insectos aumentó los rendimientos del frijol de mungo a nivel granja de 250 a 750 kilos por hectárea. Las utilidades netas de la cosecha de mungo sembrada en tierra alta después del monzón, superaron las del arroz. La Oficina de Extensión Agrícola, en un programa provincial en Luzon Central, lleva estas mejoras a los agricultores de fuera del proyecto.

La mayoría de los países que participan en la Red Asiática de Sistemas de Cultivo fomentan los programas de producción destinados a establecer nuevos patrones de cultivo en áreas mas extensas, mediante provisión de crédito y servicios de asesoría técnica.

Además de recolectar una gran cantidad de información económica, el programa IRRI dió origen a muchas ventajas técnicas demasiado numerosas para mencionar. En colaboración con la Universidad de Filipinas se produjeron tipos de plantas con configuración y hábitos de crecimiento mas apropiados a patrones específicos de cultivo que las variedades normalizadas. Se redujo la presencia de malezas con el sombrío provisto por leguminosas abundantes en hojas. Disminuyó la depredación de los insectos mediante el cultivo intercalado en hileras pues a menudo los insectos no podían o no se animaban a cruzar la barrera interpuesta entre las hileras de su cultivo favorito. El cacahuete trajo consigo una araña carnívora que atacó y redujo varias plagas.

La información socioeconómica de todo el año se obtuvo con formularios normalizados que los escolares filipinos llenaron durante el verano cuando literalmente siguieron a sus padres todo el día y registraron el tiempo empleado y las inversiones hechas en cada actividad pertinente.

En un proyecto de sistemas de cultivo desarrollado por la UPLB, el trabajo comenzó en 1972 en seis aldeas cercanas a Los Baños y se amplió en enero de 1974, a otras 18 aldeas. Estas últimas se ubicaban en provincias pobladas y menos accesibles que las del proyecto inicial. La investigación continuó en cada "barrio" por cuatro a cinco años, bajo la supervisión de un técnico del UPLB. Además de la asesoría, los técnicos tenían la responsabilidad de ayudar con las facilidades de mercadeo y con la consecución de préstamos en los bancos de la vecindad. Un fondo de crédito rotante, provisto por el CIID, fue utilizado como ayuda colateral por los agricultores con activos fijos insuficientes para obtener préstamos bancarios normales.

La comercialización del producto y la adquisición de abonos, químicos y semillas mejoradas se organizaron mediante asociaciones cooperativas de las aldeas. En el proyecto de la UPLB también se incluyó un programa de nutrición y de tecnología casera para la preservación de alimentos.

Ya para 1976, los resultados del proyecto llevaron al gobierno de Filipinas a expandir el programa hasta cubrir la totalidad de una provincia en Luzon Central. En 1977, el programa creció mas abarcando un área mayor en Luzon Central y un número de "barrios" en otras regiones del país. Este éxito hizo que el gobierno reestructurara sus servicios agrícolas, integrando la extensión mas estrechamente con la investigación y el desarrollo. Asimismo, en vez de responsabilizarse por un cultivo determinado, cada técnico de extensión agrícola dará asesoría técnica continua a un grupo específico de agricultores en todos los aspectos relacionados con sus sistemas de cultivo y administración agrícola.

En algunas de las aldeas cercanas a Los Baños se observó que el ingreso agrícola aumentó, particularmente donde después del arroz se sembraba sandías, cohombros o berenjenas. La tecnología se expandió espontáneamente entre las comunidades vecinas no cubiertas por los técnicos del proyecto. El fondo de crédito rotatorio ayudó a familiarizar a los pequeños agricultores con los bancos rurales y a que los bancos aceptaran a los pequeños agricultores como clientes de confianza, una experiencia novedosa para ambas partes.

En Indonesia, el Instituto Central de Investigaciones para la Agricultura (CRIA), seleccionó dos sitios para la investigación en sistemas de cultivo. La primera localidad, Lampung, es un área muy empleada por los asentamientos de migrantes procedentes de las sobrepobladas islas de Java, Madura y Balí. Allí, el arroz se siembra tradicionalmente solo o con maíz y yuca. Un patrón mejorado de arroz-maíz-fríjol produjo un rendimiento total mayor y una utilidad neta superior a la del arroz solo. En forma alternativa, al sembrar un arroz de maduración temprana era posible obtener dos cosechas de arroz seguidas por un cultivo de tierra alta. Los requerimientos de abono para cada patrón fueron también determinados.

El segundo sitio, en Indramayu, representa las condiciones de alta precipitación atmosférica y suelos aluviales del litoral donde se dispone de irrigación parcial. Un estudio agroclimático determinó la época del año en que se dispone de agua de irrigación y en concordancia se prescribieron sistemas óptimos de cultivo para los regímenes de irrigación de 10, 7 y 5 meses. Un proyecto auspiciado por el Banco Mundial trata ahora de mejorar las instalaciones de irrigación y drenaje en Indramayu.

La investigación sobre sistemas de cultivo en Bangladesh está a cargo del Instituto de Investigaciones Arroceras de Bangladesh (BRRI), y se lleva a cabo en cuatro estaciones de investigación dentro de un área de 150 kilómetros cuadrados. La investigación se concentra en el cultivo de arroz en tierras altas regadas por lluvia, en tierras bajas con regadío de pozos abisinios y en el arroz anegado. Luego de investigar los patrones tradicionales de uso de la tierra, se ensayó con trigo, yute, mijo, papa blanca, batata, mostaza, cacahuete, soya maíz, caupí y sorgo como cultivos adicionales después de la cosecha de arroz.

En Bhogra, una de las estaciones y región típica del patrón de cultivo doble de arroz regado por lluvia, las variedades de alto rendimiento elevaron la producción arroceras en un 72%. Experimentos mínimos de labranza redujeron el tiempo entre las cosechas de arroz de 14 días a casi un día. En reemplazo de una segunda cosecha de arroz se sembró mostaza, hortalizas, frijol de mungo o soya sin irrigación.

En Salna, la irrigación con pozos permite sembrar tres cosechas de arroz de la manera tradicional. La siembra de solo dos cosechas de arroz de alto rendimiento al año resultó mas rentable que el patrón tradicional triple que exige mas mano de obra para preparar la tierra y para sembrar. En suelos de textura mas liviana, el trigo después de la segunda cosecha de arroz podría ser rentable.

En Jarunbari, los valles totalmente anegados apenas producen una cosecha de arroz. Al fertilizar el suelo y mejorar el control de las plagas, la producción de arroz aumentó en 32%. Allí se podría sembrar arroz anegado después de la cosecha arroceras tradicional de invierno mediante la siembra en relevo de una variedad de arroz invernal de maduración temprana. En Laskarchala, con regadío de pozos, el trigo se ha añadido al arroz de tierra alta en un patrón de cultivo múltiple.

Tres nuevos sitios para la producción de arroz anegado fueron agrupados últimamente a las áreas inundadas de los valles; allí el trigo, el mijo, la sandía, las oleaginosas y las leguminosas seguirán al arroz a medida que el nivel del agua descienda.

En un proyecto de sistemas de cultivo dirigido en forma conjunta por el ministerio de Agricultura y Cooperativas y la Universidad Kasetsart de Tailandia, la Universidad seleccionó una amplia gama de variedades de arroz de las tierras altas y realizó varios experimentos con sésame, guandul, garbanzo y alazor. Cuatro emplazamientos eran representativos de las tierras bajas regadas con lluvia y un sitio representaba un área parcialmente irrigada.

En el primero de los sitios regados por lluvia, un sistema de dos cosechas arrojó un rendimiento de 2,7 toneladas por hectárea de arroz y 1,1 tonelada por hectárea de cacahuete, en comparación con el rendimiento tradicional de arroz de los agricultores, o sea, 900 kilos por hectárea. En el segundo emplazamiento regado por lluvia, el frijol de mungo produjo casi 500 kilos por hectárea y la cosecha subsiguiente de arroz fue de 2,3 toneladas por hectárea. En el tercer sitio irrigado por lluvia, patrones de cultivo ensayados incluyeron cuatro cosechas anteriores y cinco posteriores al arroz. El frijol de mungo antes y después del cultivo dió 650 kilos por hectárea. En el cuarto emplazamiento, bajo irrigación parcial, el cacahuete y el maíz sembrados después del arroz dieron un rendimiento mayor que el tradicional de toda la cosecha.

El proyecto de sistemas de cultivo en Sri Lanka indica como, en un medio agroclimático relativamente singular, la metodología desarrollada dentro de la red asiática de sistemas de cultivo se puede adaptar y aplicar con éxito. En el proyecto, que comenzó en 1975, el agua para los cultivos de arroz de tierras bajas irrigadas o parcialmente irrigadas en las zonas secas, pro-

viene de pequeños embalses o 'tanques' construídos y utilizados por los agricultores nativos casi por 2000 años. El arroz es el cultivo predominante en las regiones secas e intermedias y constituye un monocultivo relativamente ineficiente en cuanto tierra y mano de obra. El objetivo del proyecto es desarrollar sistemas de cultivo que utilicen en forma mas eficiente las aguas lluvias recogidas en los tanques.

Esta investigación se desarrolla dentro de dos comunidades rurales: Walagambahuwa, en la zona seca, y Katupota en la zona intermedia. La primera es característica de los 3.000 o mas asentamientos comunales similares que utilizan los tanques en las zonas secas con un patrón bimodal de precipitación atmosférica, la estación lluviosa *Maha* de octubre a febrero, y la estación *Yala* de marzo a mayo. En la zona seca se identificaron tres patrones de uso de la tierra, incluyendo asentamientos con casas y huertas pequeñas, las tierras altas de Chena donde se practican el cultivo rotatorio, y las tierras de Welyaya con franjas de arroz en tierras bajas. Katupota en la zona intermedia regada por lluvia donde se postuló sembrar en secuencia dos tipos de arroz de maduración rápida en lugar de la siembra tradicional de una sola cosecha de maduración lenta. Este proyecto se inició con el estudio básico de los métodos existentes y la economía relacionada.

En la zona seca, con irrigación de tanques, la preparación temprana de la tierra y la siembra de semilla resultó en una cosecha de arroz regado con lluvia de 2 a 2½ toneladas por hectárea. En un caso las semillas pregerminadas sembradas en suelos cenagosos arrojaron 3,5 toneladas por hectárea. A continuación se probaron 124 patrones diferentes de producción, incluyendo varias combinaciones de diferentes clases de arroz, tipos de tierra, métodos de siembra, tasas de densidad de la semilla y el fertilizante. El mejor cultivar de arroz para suelos livianos, cuando se planta semilla pregerminada por voleo, produjo mas de 4 toneladas por hectárea, y el mejor para suelos mas pesados, sembrado en igual forma, produjo cerca de 5,5 toneladas por hectárea.

Después de cosechar el arroz húmedo, los cultivos de tierra alta de caupí, garbanzo negro, soya y frijol de mungo arrojaron casi 700 kilos por hectárea durante la estación *Yala*. Estudios agroeconómicos de la zona mostraron un incremento de mas del 200% en la producción mediante métodos agronómicos mejorados y de un empleo mas eficiente de los recursos hídricos. Contrario a lo esperado, la mayor intensidad de las cosechas no se vió restringida por disponibilidad de mano de obra ni siquiera en períodos de ocupación máxima cuando se plantan los cultivos de tierra alta en el momento en que la primera cosecha de arroz está lista para cosechar. Todas las pruebas se realizaron con participación de los agricultores y los resultados iniciales demuestran que los patrones de mayor intensidad ofrecen un aumento neto del 125% en ingreso.

Se demostró también que los arrozales que se encuentran por debajo del nivel de los tanques, y que con frecuencia se dejan en barbecho, son productivos sin necesidad de la irrigación de los tanques cuando la tierra y la semilla se preparan temprano. El agua que se conserva en los tanques puede utilizarse luego para irrigar una segunda, y en algunas estaciones hasta una tercera, cosecha.



Cosecha del arroz húmedo después de la estación Maha en Sri Lanka.

El emplazamiento del proyecto en Walagambahuwa ha seguido obteniendo dos cosechas de arroz al año y la metodología se extendió a diez tanques en el distrito de Kurunegala durante la estación *Maha* de 1979. Todos los agricultores obtuvieron una primera cosecha muy buena, para muchos por primera vez en varios años. Otros lograron además una segunda cosecha. En 1980, la tecnología mejorada fue adoptada en tierras irrigadas por 40 tanques. Al ver los beneficios, varias comunidades con tanques han adoptado la tecnología por iniciativa propia. Los resultados obtenidos han motivado al gobierno de Sri Lanka a reparar cerca de 2000 tanques pequeños para adaptar a su alrededor los sistemas mas productivos.

En la localidad de Katupota, la preparación temprana de la tierra y la siembra en seco de semillas de rápida maduración arrojó mas de dos toneladas por hectárea. Las leguminosas y otros productos de tierras altas tienen posibilidad de aumentar su rendimiento durante la estación *Yala*. Lo mas estimulante ha sido la adopción voluntaria de los sistemas mejorados por los agricultores de otras comunidades que han observado los beneficios logrados en los terrenos de la investigación. Se confía que con financiación del Banco Mundial esta nueva tecnología se extienda a diez áreas adicionales irrigadas por tanques.

Oleaginosas

Las oleaginosas han sido tristemente descuidadas por los científicos, los agrónomos y los encargados de preparar la política agrícola en el mundo en desarrollo. El Consejo Hindú para la Investigación Agrícola (ICAR) estudia muchas de las oleaginosas mas importantes de India, incluyendo la importante especie *Brassica*, la colza y la mostaza, además de aquellas importantes

desde el punto de vista de la nutrición, como el ajonjolí, el alazor y la semilla de níger. El programa de mejoramiento de las oleaginosas se desarrolla principalmente en las universidades de India. La Universidad GB Pant en Pantnagar, aspira a incrementar los rendimientos, el contenido oleoso, y la calidad general de especies locales e importadas de colza. Los científicos de la Universidad Agrícola Haryana trabajan en tipos de mostaza de alto rendimiento, adecuados para condiciones de baja precipitación y de maduración en 70 u 80 días, incluyendo cultivares de mostaza que se pueden intercalar con trigo. En la Universidad de Tamil Nadu se apoya un proyecto para la mejora del ajonjolí y en la Escuela Agrícola Indore de Madhya Pradesh, uno para la del alazor.

En Asia no es raro que las leguminosas y oleaginosas se siembren en tierras marginales. Por ello, muchos de los cultivares aceptados han sido seleccionados mas por su tolerancia a condiciones adversas de suelo y de ambiente que por sus rendimientos bajo condiciones favorables. El Instituto Hindú para la Investigación Agrícola (IARI) está estudiando sistemas de cultivo que combinen leguminosas y oleaginosas con cereales en buenas tierras.

Los científicos de la Universidad GB Pant se dedicaron a buscar áreas que siendo incompatibles para otros cereales y cultivos, pudieran ser apropiadas para el tritical regado por lluvia. Estas áreas se localizaron en las tierras altas, en las estribaciones, en las laderas y en los valles de los Himalayas. Las pruebas agronómicas dieron resultados alentadores a altitudes de 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, donde el tritical mostró tolerancia a las bajas temperaturas nocturnas y sobrepasó en rendimiento al trigo y a otros cereales en grano.

Mijos

Con el nombre de “mijo” se designan muchos cereales de diferente género cuyas semillas son relativamente pequeñas. La especie mas cultivada es la *Pennisetum typhoides* que se conoce con el nombre de ‘mijo perlado’ o “bajra” en India. Aunque menos cultivadas, pero dada su tolerancia a condiciones ambientales adversas y difíciles las variedades menores de mijo proveen la subsistencia para la mayoría de los habitantes mas pobres de India. Coordinado por ICAR se desarrolla un programa de mejoramiento de las variedades menores de mijo en cinco centros de investigación, cada uno dedicado a una especie diferente: mijo Kodo (*Paspalum scrobiculatum*), mijo Cola de Zorro (*Setaria italica*), mijo Pequeño (*Panicum miliare*), mijo Común (*Panicum miliaceum*), y mijo de Corral (*Echinochloa frumentacea*).

Cada proyecto se concentra en el cruce y la selección para obtener mayor rendimiento, resistencia a las enfermedades y a los insectos y métodos mejorados de cultivo. La recolección, el cruce y la selección de germoplasma de mijos menores proveniente de Africa y Asia han demostrado que el rendimiento se puede duplicar en los terrenos del agricultor. Los resultados ilustran el progreso relativamente rápido que se puede lograr cuando científicos competentes se dedican a lo que ha sido menospreciado en el pasado.

Hace poco el Instituto para la Investigación Agrícola de Bangladesh comenzó un programa complementario de investigación sobre el mijo. En este caso, los tipos menores de mijo aparecen como cultivos complementarios en sistemas de cultivo basados en arroz. Los mijos *Setaria italica* y *Panicum miliaceum* que maduran rápidamente y utilizan los recursos hídricos en forma eficiente, se adaptaron muy bien a los patrones de cultivo invernales. Se espera que sistemas mas productivos, incluyendo cultivares de mayor rendimiento, se encarguen de incorporar estos tipos menores de mijo a través de las regiones productoras de arroz de Bangladesh. Estos tipos también se pueden cultivar en las islas temporales que aparecen cuando el nivel del agua desciende en el invierno. El mijo de corral tolera condiciones de inundación y el *Eleusine coracana* o mijo de dedo se pueden sembrar antes de la estación de los monzones. Muchos de los mijos menores muestran una estabilidad superior en el almacenamiento postcosecha por lo cual sirven como reserva alimenticia valiosa cuando las conchas principales fracasan.

Existe cooperación en investigación y capacitación entre las cuatro estaciones regionales de investigación de Bangladesh y las estaciones de investigación en mijos menores de India donde cuatro científicos de Bangladesh adelantarán investigaciones de grado cada uno sobre una variedad diferente de mijos menores.

Leguminosas Alimenticias

Como complemento, en cuanto a nutrición y agronomía, del proyecto sobre mijos menores de Bangladesh, se inició un proyecto de mejoramiento de leguminosas también bajo la dirección del BARI. Los cultivares de mayor rendimiento de trigo y arroz son mas atractivos para los agricultores que las leguminosas menospreciadas por la ciencia. Por tanto, la producción global de leguminosas de Bangladesh ha disminuído en años recientes. El proyecto, emprendido por dos universidades y varias estaciones de investigación oficiales, incluye seis leguminosas. Durante los primeros tres años, luego de analizar una muestra muy extensa se identificaron líneas superiores de garbanzo, garbanzo negro (*Vigna mungo*), guandul, arveja 'grass' (*Lathyrus sativus*), lenteja y frijol de mungo, unos doce cultivares de estos serán sometidos a pruebas amplias en cooperación con agricultores de la región. Para el invierno de 1979, se investigaban mas de 2.800 líneas de leguminosas en seis localidades, en el verano de 1980, mas de 500 líneas eran cultivadas en siete sitios. Como en el proyecto de mijos menores, varios estudiantes de grado de Bangladesh reciben capacitación en centros de investigación de leguminosas de India.

La investigación sobre cultivos de tierras secas también avanza en Sri Lanka, Paquistán, Bangladesh y noreste de Tailandia. El Departamento de Agricultura de Sri Lanka, en cooperación con agricultores, trata de aumentar la producción de sorgo, frijol de mungo, caupí, garbanzo negro, cacahuete y *okra*. Este proyecto es consistente con la política oficial de Sri Lanka de restringir las importaciones de cultivos alimenticios y de brindar mayores incentivos a los cultivos para consumo humano en vez de la producción de mercancías para la exportación.

Los científicos del Consejo Paquistaní para la Investigación Agrícola trabajan en la mejora del garbanzo, el frijol de mungo, el *Vigna mungo* y la

lenteja mediante el cruce y selección de variedades para lograr rendimientos superiores y mas estables, junto con mayor resistencia al añublo *Aschochyta* al marchitamiento *Fusarium* en el garbanzo, al virus del mosaico amarillo en el frijol de mungo, y la roya en la lenteja. Actualmente, Paquistán produce menos de la mitad de las leguminosas que requiere para alimentar a su creciente población. Aquí, al igual que en Bangladesh y otros países de Asia, las leguminosas han sido reemplazadas por cereales mejorados de mayor rendimiento. Un proyecto de mejoramiento de leguminosas, con objetivos similares, se inició hace poco en Bangladesh.

En el noreste de Tailandia, la Universidad de Khon Kaen, en cooperación con los pequeños agricultores, aspira a mejorar sistemas de producción del sorgo, la soya y el cacahuete. Los científicos de esta joven universidad han logrado notables avances en un proyecto destinado a aumentar la producción de granos alimenticios para el consumo local y a elevar el ingreso del pequeño agricultor.

Raíces Comestibles

Las raíces comestibles son la principal fuente de calorías para mas de 300 millones de personas en los países en desarrollo. El CIID, además de administrar los fondos suministrados por la ACDI para un apoyo a un programa internacional de investigación en yuca, ha asignado cerca de cinco millones de dólares canadienses a la investigación sobre raíces comestibles en mas de doce países en desarrollo. En Asia, se ha brindado apoyo a un programa regional de investigación, asesoría y capacitación establecido por el CIAT en colaboración con el Centro Regional de Estudios Superiores e Investigación Agrícola del Sudeste Asiático SEARCA, así como a los programas nacionales, dedicados especialmente a la yuca, de India, Indonesia, Malasia, Filipinas y Sri Lanka. Varios de estos, además de dos proyectos en Tailandia, han incluido el aspecto de la preservación, el procesamiento y otros factores postcosecha. Si bien la yuca es nativa de América Latina, es en Asia donde se encuentra la mayor producción anual tanto como cultivo de efectivo como para consumo. En Indonesia, que produce al año 11 millones de toneladas de yuca y exporta mas de 200.000 toneladas de yuca seca para alimentación animal, el tubérculo ocupa el tercer lugar en importancia después del arroz y el maíz. Su cultivo está a cargo principalmente de los pequeños agricultores y se consume básicamente cocida en estado fresco.

En la Universidad Brawijaya en Malang, además de un estudio convencional sobre cruce y agronomía, se ha investigado una técnica de producción desarrollada en Java Oriental con muy buenas perspectivas. Se trata del sistema Mukibat, denominado con el nombre de su inventor, y que consiste en injertar el árbol de yuca (*Manihot glaziovii*), especie perenne de gran follaje que no produce raíces tuberosas, en un árbol de yuca normal productor de raíces (*Manihot esculenta*). Debido a la eficiencia fotosintética de la copa foliar, esta combinación produce raíces de un peso tres o cuatro veces mayor que el de las raíces promedio. El sistema Mukibat y su sucesor, el Setraw, en el cual la copa de un solo tipo de árbol se injerta a un trípode de tres tallos de yuca productores de tubérculo, merece estudios mas intensos por parte de los fisiólogos vegetales. En Brawijaya se demostró que no era necesario cavar agujeros muy profundos para el Mukibat. La yuca Mukibat continúa fijando

materia seca hasta por un período de 18 meses en comparación a los 12 o 14 meses de la yuca común. Igualmente, en cualquier momento del crecimiento, el contenido de materia seca es mayor en la yuca Mukibat que en la común. Falta mucho por aprender y aún quedan por resolver muchas dificultades. Por tanto, es necesario auspiciar una mayor investigación sobre los injertos interespecíficos.

El proyecto analizó la respuesta de la yuca común a los nutrientes esenciales y los efectos benéficos del control de malezas en el tamaño de los tubérculos. En el proyecto, que contó con la cooperación de la comunidad agrícola local, tomaron parte diez miembros académicos de esta joven Facultad y cerca de veinte estudiantes, algunos de los cuales emplearon los resultados de la investigación en sus tesis de grado.

Mucho mas ambicioso es el proyecto de mejoramiento de la yuca del Instituto Central para la Investigación de Cultivos Tuberosos (CTCRI) en el sur de India, donde la yuca hervida y secada constituye una fuente importante de alimento para varios millones de personas, especialmente en los años en que las cosechas de arroz dan un rendimiento mediocre. El proyecto abarca cruce y selección a partir de los cuales dos híbridos dieron un rendimiento cercano a las 40 toneladas de raíces por hectárea en predios de los agricultores. Las investigaciones agronómicas y las mejoras han dado como resultado un "mini equipo" de usos agronómicos para mas de 200 agricultores. Se hicieron estudios de resistencia a las enfermedades, especialmente al mosaico que ocasiona serios perjuicios, de rápida propagación y de sistemas postcosecha tanto de las raíces enteras como procesadas. De interés es la producción de seda por un gusano local alimentado con yuca. Notable ha sido también la capacitación a nivel de granja y la de mas de 700 extensionistas agrícolas. Es posible que el proyecto se extienda a otros estados de India para incluir otras raíces y otros cultivos sembrados con yuca.

En Malasia el Instituto para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (MARDI) ha realizado con éxito un programa de cruce, selección y evaluación de tipos de yuca existentes en comparación con germoplasma importado tanto en forma directa como en cruces con cultivares locales. Se han seleccionado tipos de yuca que se adaptan bien a suelos de turba donde pocos cultivos resultan económicos.

En Sri Lanka, el Departamento de Agricultura se ocupa de elevar el cultivo de la yuca y la batata mediante cultivares de alto rendimiento y prácticas mejoradas de cultivo. Se seleccionan tipos de rápida maduración, bajos en cianuro y altos en almidón. La investigación desarrollada en varias estaciones ha producido resultados interesantes, entre ellos: mayores retornos a la tierra al sembrar leguminosas con yuca en patrón mixto; cultivo de plántulas de yuca local hasta ahora inexplorados; injerto de yuca 'silvestre' en cultivares conocidos. Los resultados preliminares indican incrementos masivos en el rendimiento, además de identificar algunos tipos bien adaptados a la sombra que se pueden cultivar bajo sombrío de coco; progenies de yuca, producidas a partir de semillas puras de la región, polinizadas por cruce natural, las cuales exhiben una inmensa diversidad y combinación de varias características deseables; y rendimientos de batata que superan en 20 toneladas por hectárea los ensayos preliminares.

En un proyecto administrado por el Consejo Filipino para la Investigación de Agricultura y Recursos (PCARR), la Escuela de Agricultura del Estado de Visayas en cooperación con otras cinco universidades y escuelas trabaja en el mejoramiento de varias raíces comestibles. La región de Visayas es el mas grande productor y consumidor de cultivos de raíces comestibles en un país en donde se cultivan 1,2 millones de toneladas por un valor de \$70 millones de dólares, el 85% de las cuales se dedican al consumo humano. Investigaciones complementarias se llevan a cabo en Los Baños, Cagayan, Palawan y Mindano. Adelantados están los trabajos de recolección de germoplasma, análisis de especies mejoradas, reproducción y mejoramiento agronómico de la yuca, la batata, el taro (*Colocasia esculenta*), la tania (*Xanthosoma sagittifolium*) y el ñame (*Dioscorea* spp.).

Los estudios agronómicos han cuantificado los tipos, cantidades producidas y áreas de producción y de granja dedicados en cada provincia al cultivo de las raíces. El proyecto ocupa a cerca de 20 estudiantes de postgrado que cubren casi todos los aspectos de la investigación, incluyendo el cultivo intercalado de raíces y leguminosas. Este proyecto será la base para un programa nacional de investigación, demostración y capacitación en raíces comestibles.

Investigación en Sistemas Postcosecha

En concordancia con las recomendaciones de un informe preparado por el CGIAR en 1975, el CIID estimuló la creación del Programa Cooperativo para la Investigación y el Desarrollo Postcosecha del Sudeste Asiático, programa patrocinado hoy día en forma conjunta por los gobiernos de los Países Bajos y Australia, la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) y ACDI con el CIID como organismo ejecutor. El programa es dirigido por una Junta Asesora en Políticas compuesta por altos funcionarios oficiales de Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur y Tailandia. El Equipo de Asesoría y Apoyo a la Investigación Técnica (equipo técnico) está conformado por un miembro de cada uno de los organismos donantes y responde ante la Junta Asesora. El programa se ha centrado básicamente en el arroz, aunque incluye otros cereales y leguminosas en grano en menor medida. El equipo técnico aspira a identificar los problemas y limitaciones de los sistemas de postcosecha existentes, así como los medios para superarlos mediante investigación, desarrollo, capacitación, información y demostración.

El programa fortalece también las capacidades investigativas pertinentes y las instalaciones institucionales apropiadas en toda la región y estimula la cooperación entre los distintos donantes bilaterales y multilaterales, entre los gobiernos de la región y sus centros de investigación y desarrollo, entre los científicos y tecnólogos de países desarrollados y en desarrollo.

El equipo técnico brinda un servicio de información postcosecha mediante la recolección y diseminación de toda la información disponible sobre su objetivo capital. El equipo, consistente en un ingeniero agrícola de Filipinas, un especialista en almacenamiento, un especialista en molienda de

granos y un economista agrícola, funciona en la sede de SEARCA, cerca al IRRI, donde dispone de ayuda administrativa y otros servicios básicos. Desde allí presta ayuda técnica directa a varios proyectos postcosecha de la región, algunos financiados por el CIID, por otros organismos o por los gobiernos participantes. A través de sus contactos regulares con los responsables de la investigación y el desarrollo postcosecha, en seminarios y publicaciones, el equipo técnico va inculcando en forma gradual el enfoque de sistemas totales al mejoramiento de los procesos postcosecha en la región; el éxito de esta empresa ha atraído el interés de otras organizaciones de ayuda y el programa promete expandirse en el futuro próximo.

Además del programa cooperativo, la División ha prestado asistencia técnica y financiera a más de 20 proyectos postcosecha en el Sur y el Sudeste Asiáticos. Aunque se incluyen otros granos alimenticios, la mayoría de proyectos se concentra en el arroz, cultivo que sufre los mayores daños y desperdicios postcosecha. En los últimos cinco años se han agregado varios proyectos de procesamiento y conservación del pescado. En los trópicos el pescado sufre mas pérdidas postcosecha que cualquier otra fuente importante de alimentos. Si la acuicultura y la maricultura aspiran a llegar a su potencial, se necesitará mayor inversión en la investigación para mejorar los métodos de preservación del pescado.

Cada sistema de postproducción comienza en el momento de la cosecha y termina cuando sus productos han sido consumidos. Los componentes básicos de cualquier sistema de postproducción incluyen las técnicas de recolección, secado, trillado, almacenamiento, procesamiento primario y secundario, uso doméstico, evaluación y control de la calidad nutritiva y funcional. Independientemente del grado de importancia de los componentes individuales, el objetivo del Grupo de Postproducción y de los asesores de proyecto es el de encaminar a todos los investigadores hacia un enfoque de sistemas totales y hacia el estudio de cada componente específico en relación con todo el sistema de postproducción.

Secado y Almacenamiento

En muchos países tropicales el método mas común de secado del grano es por luz solar directa. El advenimiento de variedades de arroz de maduración rápida que permiten dos o tres cosechas al año, ha agravado las dificultades de secado postcosecha ya que las cosechas recogidas en la estación lluviosa presentan un contenido mucho mas alto de humedad y no se pueden secar satisfactoriamente al sol entre los frecuentes aguaceros. El contenido de humedad lleva a un rápido crecimiento microbiano y a los ataques de insectos. Por tanto, sin un secado rápido después de la recolección se perderán muchas de las ventajas de una segunda cosecha.

En los países asiáticos se ensayan diversos métodos para aumentar el secado rápido del arroz después de su recolección. En Tailandia, el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Kasetsart se ocupa de producir máquinas y mecanismos para mejorar el trillado, secado, almacenamiento y molienda del arroz a nivel de granja. Mediante préstamos del Departamento de Cooperativas, las comunidades rurales son provistas de prototipos y modelos avanzados. Cerca de 6000 trilladoras móviles, secado-

ras planas, bandejas de soporte y pequeños molinos portátiles están sometidos actualmente a pruebas de campo.

Las secadoras planas consisten en grandes estructuras rectangulares en las cuales se esparcen dos toneladas de arroz húmedo en una malla que hay sobre un impelente calentado por aire que pasa a través de un horno mediante la acción de un ventilador. La caja rectangular puede construirse a nivel local, el quemador y el ventilador se fabrican en Tailandia. El horno, que quema por hora de 4 a 7 kilos de cáscara de arroz alimentado por gravedad, a una temperatura de secado cercana a 40°C, reduce el contenido de humedad del arroz húmedo de 25% a 14% en unas 6 horas. El costo total del material es de unos Can. \$320. Una alternativa mas costosa es el quemador de petróleo, pero en la mayoría de las zonas hay cáscara de arroz en cantidades suficientes. Las mediciones han determinado que el flujo óptimo de aire a través del enrejado del horno en la secadora es de unos 30,5 m³ por minuto y por metro cuadrado de enrejado y que la cáscara de arroz produce cerca de $1,16 \times 10^4$ Joule por gramo de cáscara de arroz. Los costos de operación del horno alimentado con cáscara de arroz son unos \$0,28 por hora; si se utiliza petróleo, diesel o gasolina, el costo de operación es casi el doble.

El molino portátil de arroz, con una capacidad de 50 kilos por hora, consiste en dos piedras giratorias, una encima de la otra, cada una envuelta en una camisa forrada en caucho, las cuales rotan cerca de un bloque de goma. En la superficie de trabajo de la piedra superior se esparce piedra de esmeril gruesa y el arroz seco es descascarado entre ésta y el bloque de goma. El arroz descascarado cae en la piedra inferior en cuya superficie de trabajo se ha esparcido piedra de esmeril muy fina y donde, en forma similar, es pulido. La cáscara de arroz se recupera y con ella se alimenta la secadora plana; el sobrante del pulido se utiliza en alimentos para animales. Al aumentar el diámetro de las piedras y controlar la velocidad de rotación, se ha reducido el daño ocasionado al arroz por el calor.

Los ingenieros de Tailandia trabajan ahora en una versión mas grande del molino sencillo, capaz de procesar casi una tonelada de arroz cada 5 horas.

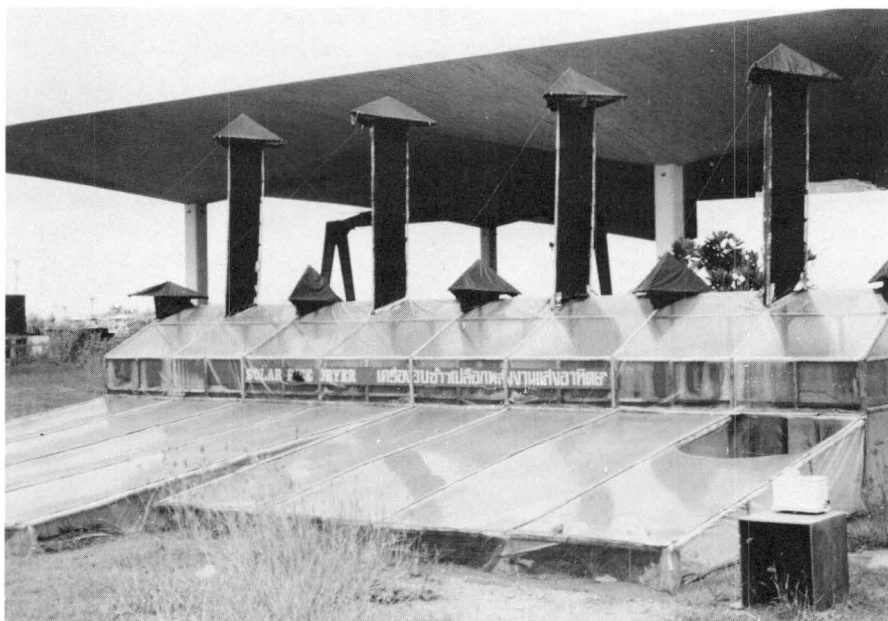
En el Instituto Asiático de Tecnología (AIT), cerca de Bangkok, se ha desarrollado un método alternativo de secado de arroz. Este consiste en un secador solar indirecto y sin partes móviles en que el arroz se seca por convección de aire caliente. La plancha de secado es una caja rectangular poco profunda, aproximadamente de 10 × 1 m × 30 cm de altura. Las estructuras son de bambú, la base de la plancha de bambú tejido y los lados de madera prensada. Segmentos movibles le permiten al agricultor cargar y descargar el arroz. La caja de secado está sostenida a cerca de un metro del suelo y el calentador de aire consiste en una capa de cáscara quemada de arroz dispersa sobre un área del piso frente a la plancha para que absorba la radiación solar. El calor absorbido durante el día es liberado gradualmente en forma de corrientes de convección de aire que circulan por la plancha de arroz incluso durante las horas de oscuridad. Las áreas de calentamiento del aire, los espacios de aire encima y debajo de la plancha de arroz, están encerrados en películas plásticas transparentes de 0,15 mm sostenidas por un sencillo marco hecho de bambú y alambre. El costo total de los materiales

es de unos Can. \$50 y durante la estación húmeda la secadora reducirá la humedad de una tonelada de arroz a un nivel inocuo en aproximadamente 24 horas. Aunque su capacidad es mucho menor que la del horno a base de cáscara de arroz, la secadora del AIT es menos costosa de construir y operar. Actualmente se ensaya en comunidades rurales de Tailandia y otros países asiáticos, y en varios proyectos de postproducción donde se prueba su capacidad para secar productos alimenticios distintos al arroz.

Estos dos sistemas alternativos de secado de Tailandia se consideran mas complementarios que competitivos y cada uno encontrará su lugar adecuado al adaptarse a condiciones y demandas diferentes.

Una de las principales dificultades de procesar el arroz húmedo es la remoción de materias extrañas que se adhieren a la superficie de los granos de alta humedad y que no desaparecen fácilmente con los métodos convencionales de limpieza. El MARDI estudia en su estación de procesamiento del arroz en Malasia Occidental, los métodos alternos de limpieza húmeda, incluyendo el lavado con agua caliente en contraflujo de agua y grano seguido por calentamiento y secado en un chorro de aire a alta velocidad. El contenido final de humedad está por debajo del 18% y el método se adapta muy bien al arroz que va a ser precocido. Un método alternativo de baja temperatura incluye el lavado en soluciones salinas seguido por secado solar.

Los pequeños productores de arroz de Indonesia experimentan problemas similares a los de Tailandia, a medida que las pérdidas postcosecha aumentan con la expansión de una segunda cosecha en la estación húmeda. El gobierno indonesio ha organizado cooperativas de agricultores y a través



El secador de arroz húmedo desarrollado por el AIT.

de su organismo de planificación (BULOG) estimula las pruebas de campo a gran escala de las nuevas tecnologías de postproducción.

Las cooperativas de agricultores y los ingenieros de la BULOG han estudiado el desempeño de varias secadoras planas y han determinado su capacidad de trabajo, la profundidad de las planchas y las tasas de flujo de aire óptimas, la calidad de molienda del arroz seco, las tasas de consumo de combustible y los costos globales de operación. Lo mas importante ha sido la capacitación de los agricultores en métodos de evaluación técnica y económica. A lo largo de las cooperativas de Java Central, Oriental y Occidental y Sulawesi Sur, los ingenieros de la BULOG estudian los efectos de los sistemas mejorados de recolección, trillado, secado y almacenamiento sobre las características de molienda y la calidad posterior del arroz producido en la pequeña propiedad campesina. Es muy alentador saber que los agricultores arroceros de Indonesia obtienen ahora un precio excelente debido a la calidad superior del arroz secado en planchas en comparación con el grano secado al sol.

En Filipinas, dos proyectos postcosecha han progresado y obtenido resultados de gran aplicabilidad potencial. Uno es el que realiza la Universidad de Filipinas en Los Baños (UPLB), el otro la Autoridad Nacional de Granos (NGA) en Ciudad Quezón.

Los científicos de la UPLB se propusieron determinar los parámetros del sistema de molienda Cono que producen el rendimiento máximo y la mejor calidad de arroz molido. El sistema Cono consiste en una o más unidades de descascaramiento, cada una compuesta por dos discos de piedra, uno fijo y otro giratorio, que funcionan conjuntamente con pulidoras cónicas verticales. Los estudios compararon la eficiencia de descascarado de los discos tradicionales de piedra con la de rodillos de caucho y encontraron que estos últimos eran superiores tanto en la remoción de la cáscara como en la recuperación total de los granos enteros.

A través de observaciones y mediciones se hicieron modificaciones que incrementaron la eficiencia de los molinos de acero Kiskisan para el descascaramiento del arroz, muchos de los cuales estaban siendo desechados por las comunidades rurales de Filipinas en razón de su baja tasa original de recuperación. Mediante la combinación de un descascarador de cilindros de caucho con un molino Kiskisan utilizado como pulidor, se logró una molienda mas eficiente. Este sistema modificado se somete a pruebas en varios molinos rurales de arroz.

Los científicos de la UPLB lograron mejorar la estabilidad del arroz húmedo, en turno para secado, mediante su almacenamiento en tolvas aireadas. La aireación controlada incrementó notablemente la vida del arroz húmedo y trillado en el período de almacenamiento anterior al secado tanto en la estación seca como en la lluviosa. La UPLB estudia también los factores que inciden en las pérdidas que ocurren durante el trillado, las cuales representan por lo menos el 7% del grano recolectado. Métodos tradicionales de apilamiento anteriores a la trilla también han sido modificados.

El personal de proyecto de la NGA, en cooperación con trece asociaciones de agricultores en cada una de las cinco regiones agroclimáticas estudia sistemas diferentes de trillado, secado posterior a éste y molienda

rural de arroz. El estudio incluye también sorgo y otros granos producidos en sistemas de cultivo múltiple. El NGA seleccionó la trilladora mas eficiente entre ocho alternativas y redujo el consumo de combustible de dos secadoras de grano perfeccionando el diseño de un ventilador y reciclando el calor. Un aparato probador, desarrollado por la NGA, que separa los contaminantes existentes en el arroz húmedo, ha tenido tanto éxito que ya se han construido y distribuido 200 unidades en las comunidades productoras de arroz.

En varias localidades se comparan las tasas de eficiencia y recuperación de molinos con diseños similares y diferentes. Las investigaciones a nivel operativo han producido mejoras que la NGA como autoridad que aprueba las operaciones de molienda en Filipinas puede introducir modificando equipos ya instalados que las pequeñas empresas rurales no estarían en capacidad de reemplazar.

Hace algunos años, con base en asesoría extranjera, Filipinas construyó grandes silos y tolvas diseñados en otros países para fines distintos. Por su incompatibilidad inherente a las condiciones predominantes, la mayoría de éstos permanecen vacíos. De funcionar, podrían suministrar una capacidad adicional de almacenamiento de 125.000 toneladas. Con el auspicio del CIID, la NGA estudia la modificación de las estructuras y sistemas de manejo, incluyendo posibles combinaciones de aireación y fumigación. El arroz almacenado en uno de estos grandes silos modificados estaba en buenas condiciones después de dos años. La investigación ha demostrado claramente la relación que existe entre las condiciones del arroz almacenado en los silos modificados y su calidad posterior.

Hace poco se aprobó un proyecto de sistemas postcosecha, complementario de los proyectos de la UPLB y la NGA, a cargo de la Universidad Estatal de Isabella en el Valle Cagayan, al noreste de Luzón para estudiar la aceptación de las tecnologías postcosecha mejoradas por parte de las cooperativas de pequeños agricultores.

Uno de los estudios mas amplios sobre el sistema total postcosecha del arroz es el de la Universidad Nacional de Seúl, en las cercanías de la zona desmilitarizada que separa las dos Coreas. Allí se ha investigado el efecto de todos los componentes del sistema postcosecha sobre las diferentes variedades de arroz, incluyendo Indica y Japonica cosechadas en estación húmeda y seca. Se compararon trilladoras diferentes y la mas apropiada fue modificada para lograr un mayor rendimiento tanto de grano como de paja, la cual se utiliza ampliamente como alimento de ganado, en la fabricación de esteras de paja y en el empaque de huevos. Para hacerla móvil, la trilladora fue montada sobre el remolque de un tractor que le transmite corriente.

Los sistemas de secado y almacenamiento de arroz en la granja fueron perfeccionados mediante el secado y almacenamiento en tolvas con circulación de aire con o sin calor adicional, proveniente de un colector solar plano combinado con un medio de almacenamiento de calor rocoso. Aunque los resultados deben aún confirmarse con experimentos adicionales, parece que, a pesar de los gradientes de humedad ligeramente mayores, el calor solar adicional produce la mas larga vida de almacenamiento. Los científicos coreanos también estudian el efecto que sobre la calidad del arroz tienen las

lluvias que rehumedecen el grano después de la cosecha; las modificaciones a los equipos y a los procedimientos operativos para aumentar la recuperación del arroz; la capacidad de las máquinas y la eficiencia de la molienda entre los diferentes sistemas de descascamiento y pulido; y los efectos de todos los componentes del sistema en la calidad final del arroz.

Con un modelo simulado por computador se analizan los costos relativos de los sistemas tradicionales y modificados de postproducción de arroz. Cinco sistemas alternativos fueron comparados. A medida que el proyecto avance, el modelo será una herramienta útil para evaluar las implicaciones de costos y mano de obra de la modificación de los componentes del sistema postcosecha entre las diferentes variedades de arroz en las distintas estaciones y regiones del país. Durante la etapa actual del proyecto, debido a la escasez de mano de obra agrícola, se modifican varias cosechadoras mecánicas con el objeto de incrementar la eficiencia de la recolección y reducir las pérdidas postcosecha.

Al igual que en todos los demás proyectos postproducción contemplados en la red, el proyecto de Corea incluye estudios detallados de las condiciones socioeconómicas predominantes y la forma en que éstas se podrán ver afectadas por la introducción de tecnologías y sistemas nuevos o modificados. Aunque Corea no es miembro del grupo de países que integran la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) que tiene a su cargo el mencionado programa postcosecha del arroz, el equipo de investigación de Seúl participa en los talleres de trabajo anuales que realiza el equipo técnico.

En India un proyecto al cual el gobierno le ha otorgado prioridad, estudia los sistemas postcosecha relacionados con todos los granos y leguminosas alimenticias de la pequeña propiedad agrícola a lo largo del país. Las cinco entidades participantes incluyen tres universidades: la Agrícola de Tamil Nadu en Coimbatore, la Udhaipur, y la Agrícola PKV en Akola, y los institutos centrales de investigación en arroz en Cuttack, y en ingeniería agrícola, en Bhopal. Los investigadores buscan mejorar las tecnologías de los sistemas comunes de postcosecha de granos en el área rural, incluyendo el procesamiento, distribución, calidad y utilidad. El objetivo del ICAR es expandir el programa para incluir las semillas oleaginosas y otros cultivos alimenticios y agregar al programa por lo menos otras cinco instituciones de investigación. La magnitud prevista es indicadora de la importancia otorgada a los problemas postcosecha por parte del gobierno de India.

Profesores y estudiantes de la Escuela de Economía del Hogar de la Universidad Agrícola de Andhra Pradesh en Hyderabad han emprendido un proyecto de gran significado social y nutricional. La mayor parte del trabajo se realiza con la cooperación de comunidades rurales pobres de los trópicos semiáridos de India. El objetivo es mejorar la calidad y cantidad de los granos alimenticios procesados con métodos caseros tradicionales y diseñar métodos mejorados aceptables económica y socialmente para el manejo, el procesamiento y la utilización. Se ha recogido información en más de 2000 hogares de tres regiones de Andhra Pradesh sobre producción, consumo, almacenamiento y procesamiento, así como sobre las preferencias locales por tipos determinados de sorgo, mijo, garbanzo, guandul, frijol de mungo, caupí y habas. Por medio de análisis y pruebas biológicas se han

determinado los efectos del descascaramiento y el procesamiento tradicionales sobre la calidad y cantidad de la proteína y el contenido de vitaminas y minerales. Hay intentos por cuantificar lo que los consumidores describen como rasgos apetecibles y el efecto de los distintos tipos de almacenamientos sobre estos rasgos y la calidad nutritiva. Los resultados, que servirán de base a varias tesis, indican claramente la necesidad de aumentar la producción y disponibilidad y de mejorar la utilidad de estas leguminosas que constituyen la fuente principal de proteína complementaria de una dieta basada en cereales. Es evidente que no hay leguminosas disponibles todo el año en las cantidades deseables nutricionalmente para todos aquellos que las necesitan. Este proyecto complementa los proyectos postcosecha y de mijos menores y semillas oleaginosas auspiciados por el CIID en India, así como otros programas de mejoramiento de cultivos en el mismo país.

En Filipinas, Indonesia, Tailandia, Paquistán y Bangladesh, se investiga sobre varios aspectos de la preservación y utilización de las leguminosas cultivadas en Asia. Tecnólogos de alimentos de la Universidad Gadjah Mada en Yogyakarta, Indonesia, estudian la forma de producir el *tofu* y el *tempeh* fermentados, tradicionalmente preparados con el escaso frijol de soya, a partir de otras leguminosas de mas fácil acceso. De especial atención es el llamado frijol terciopelo que se da muy bien en tierras marginales y su costo es la tercera parte del frijol de soya. Un estudio inicial describe los métodos tradicionales para hacer el *tempeh* en siete provincias de Indonesia, incluyendo el descascarado con ceniza de madera, y los diferentes modos de emplear el *Rhizopus* para inocular y fermentar la harina de leguminosas molida. Los métodos tradicionales están siendo modificados y normalizados con miras a producir formas aceptables de *tempeh* a partir del frijol terciopelo mediante tecnologías adecuadas a las comunidades rurales de Indonesia. En cooperación con el Departamento de Agronomía de la Universidad, se estudian los efectos de las diferencias de las variedades entre leguminosas sobre la calidad y composición del producto final.

En la UPLB en Filipinas se evaluó la eficiencia comparativa de cuatro descascaradores usados con siete cultivares diferentes de caupí. Se notaron diferencias significativas entre las variedades; por lo general las semillas oscuras presentaron mas dificultades para su descascarado que los tipos no pigmentados. Los descascaradores abrasivos resultaron mas eficientes que los molinos de fricción. Se aplicaron varios sistemas de descascarado abrasivo a los caupís y al frijol de mungo, y las harinas resultantes del frijol crudo, blanqueado, retoñado y tostado fueron incorporadas a alimentos para el destete que contenían mezclas de harina de leguminosas, harina de arroz, azúcar y leche en polvo, y a varios alimentos preparados con leguminosas tradicionales. Los resultados indicaron que las harinas de leguminosas pueden reemplazar ingredientes de menor calidad nutricional en muchos alimentos tradicionales sin perder aceptabilidad. El proyecto complementa el programa de mejora de leguminosas de la Universidad.

En Paquistán y Bangladesh se han iniciado proyectos postcosecha de leguminosas que complementan y se integran a los proyectos de mejora de la producción de leguminosas auspiciados por el CIID en estos dos países.

En Bangladesh se analizan los sistemas tradicionales postcosecha de las leguminosas para determinar el alcance y la causa de las pérdidas postcose-

cha y tratar de incorporar mejores sistemas de secado, almacenamiento y distribución entre las comunidades rurales. Este proyecto complementa el proyecto de mejora de la producción de leguminosas del Instituto para la Investigación Agrícola de Bangladesh (BARI). En las comunidades rurales se probarán varios modelos de la secadora solar desarrollada en Tailandia para el secado de leguminosas y se modificarán según el caso. Varios materiales locales como las hojas de las plantas que se cree controlan los ataques de las plagas serán mezclados con las leguminosas en las pruebas de almacenamiento en granjas. La investigación incluye los granos leguminosos y la viabilidad de los granos de semilla bajo diversas condiciones postcosecha.

Luego del taller sobre productos pesqueros tropicales estables, realizado en Bangkok, Tailandia, en 1974 con auspicio del CIID, se han emprendido varios proyectos sobre tecnologías de procesamiento del pescado. Científicos oficiales estudian métodos para deshuesar el pescado de "desecho", moler la carne y procesarlo en pequeñas industrias hasta producir el *lukchin* un producto local popular. (Pesca de "desecho" es una desafortunada denominación para las especies sin aceptación comercial que inevitablemente se atrapan durante la pesca del camarón y otras especies de alto valor. El descarte y desaprovechamiento de la pesca secundaria produce un desperdicio mundial de proteína de proporciones alarmantes).

En un estudio pre-proyecto de factibilidad económica se hizo un cálculo de la demanda presente y futura de carne de pescado molida y de la cantidad de pesca acompañante que se podría recuperar para procesamiento posterior.

India, que está entre los primeros ocho países pesqueros del mundo, procesa relativamente muy poco del pescado distinto al langostino que se captura en sus aguas. En consecuencia, casi todas las especies capturadas deben ser consumidas rápidamente por las comunidades costeras ya que el rápido deterioro del pescado se opone a su transporte y distribución en el interior del país. Al expandir y explotar procesos desarrollados en laboratorio, el Instituto Central de Tecnología Pesquera (CIFT) y la Corporación Pesquera del Estado de Kerala tratan de industrializar el procesamiento y distribución a gran escala del pescado. Los procesos desarrollados con éxito en laboratorio, se amplían para incluir productos hechos con pescado molido, ahumado, seco, enlatado y hervido. El CIFT trabaja con las fábricas locales de la Corporación Pesquera de Kerala para establecer tecnologías de producción y normas de procesamiento y control de calidad. El proyecto incluye también evaluaciones técnicas y económicas de diferentes sistemas de procesamiento, empaque, almacenamiento y transporte.

El Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Brawijaya en Indonesia comenzó recientemente un estudio sobre la preservación del pescado por medio del secado solar y el salado (osmótico) con el fin de proveer tecnologías aceptables a las comunidades pesqueras rurales.

En Filipinas los tecnólogos de la UPLB han desarrollado un secador de pescado que funciona con cáscara de arroz seca y tiene una capacidad aproximada de 2 toneladas, el cual se somete ahora a evaluación técnica y económica por parte de la Universidad y la Oficina de Pesquería y Recursos

Acuáticos en las comunidades pesqueras artesanales. Un secador prototipo, consistente en un horno de tambor sencillo, un intercambiador de calor, un fuelle axial, una cámara de presión y varias bandejas para el pescado, se somete a ensayos con seis especies diferentes de pescado en cuatro localidades de Filipinas. Después de ser desarrollado en laboratorio y probado en Mercedes, Camarines Norte, el secador que ha pasado por varias etapas, está siendo ensayado por las comunidades pesqueras de las cuatro localidades. Los subproductos agrícolas, ensayados como combustible, son entre otros la cáscara de coco, conchas y bagazo de arroz. Los pescadores están siendo capacitados en el uso de los secadores; aquellos que deseen adquirirlos recibirán ayuda económica de la Oficina.

Investigación de Operaciones

Algunos de los proyectos descritos incluyen metodologías de investigación operativa que estudian los métodos tradicionales e industriales existentes de procesamiento para evaluar y ampliar su eficiencia en términos de capacidad productiva total, consistencia de calidad del producto terminado y economía. Desafortunadamente, parece que la mayoría de los esfuerzos científicos se dedican a descubrir y 'transferir' nuevas tecnologías en vez de perfeccionar las existentes. No importa cuán superior pueda ser la nueva tecnología, relativamente pocas industrias pequeñas pueden reemplazar sus equipos e instalaciones. Por tanto, en algunos casos será mas benéfico mejorar la eficiencia de las tecnologías e instalaciones existentes que tratar de transferir o inventar nuevas tecnologías. Se contempla un aumento en el número futuro de proyectos de investigación sobre operaciones industriales en los programas de la División. Dos de los actuales proyectos son el de procesamiento de yuca en Tailandia y el de elaboración de salsa de soya y pastas en Singapur y se prepara un tercero en Tailandia.

Por siete años, el Instituto Asiático de Tecnología (AIT) ha estudiado el efecto de las variables de procesamiento sobre la tasa y eficiencia de secado y sobre la economía, la calidad y la composición de la yuca seca y granulada para alimento animal. Las hojuelas y gránulos de yuca son el producto de muchas fábricas pequeñas de procesamiento localizadas en Tailandia, Malasia, Indonesia y Filipinas. Muchas de las tecnologías y sistemas de procesamiento tienen un mal control y la calidad de los productos es muy variable. Las operaciones estudiadas en el proyecto incluyen recolección, tajado, secado sobre varias superficies, granulación, enfriamiento, empaque, almacenamiento y transporte. Las tajadoras comunes fueron rediseñadas para producir tajadas mas delgadas y uniformes. Bajo condiciones ambientales favorables, las superficies negras redujeron el tiempo de secado al sol en un 20 a 25%; los troqueles de extrusión rediseñados mejoraron la dureza de los gránulos; y los enfriadores post-granulación fueron rediseñados para aumentar la eficiencia de enfriamiento, reduciendo su tiempo y aumentando su producción. Se evalúa la economía de las diversas modificaciones pero, dado el notable aumento en los precios mundiales de la yuca y las exigencias de los importadores europeos y japoneses por mejor calidad, parece probable que muchas de las modificaciones serán aceptadas por los procesadores de yuca de Asia.

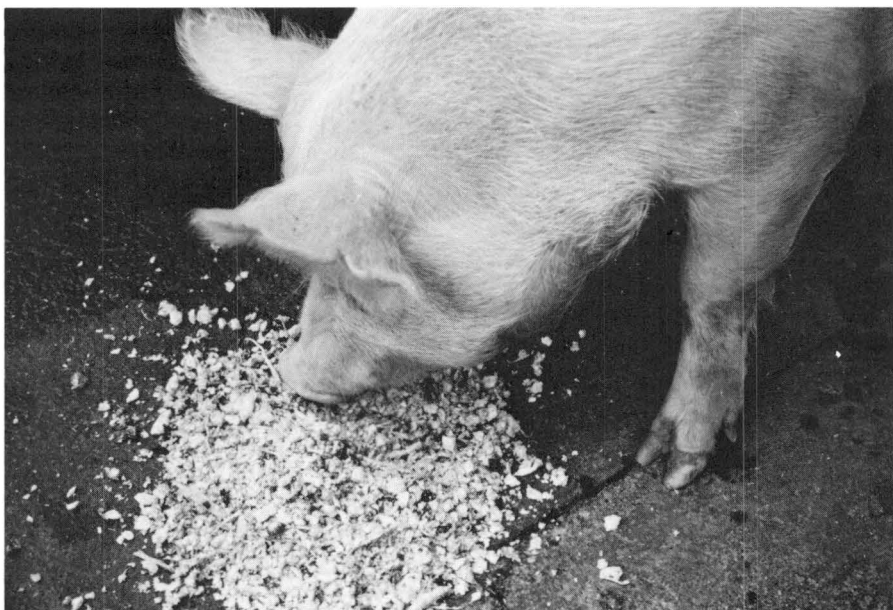
El Instituto de Normas Técnicas y de Investigación Industrial de Singapur (SISIR), dirige y coordina un proyecto cooperativo investigativo en operaciones industriales entre varias fábricas pequeñas que producen salsa de soya o pastas de cereal. El equipo de investigación ha visitado más de 30 pequeñas fábricas y ha documentado todos los factores operativos de importancia aparente, incluyendo el tiempo, la energía humana y mecánica utilizada en las diferentes escalas y etapas de la producción. Los resultados muestran cómo las pequeñas fábricas pueden aumentar la eficiencia y la economía de sus operaciones y lograr una mayor uniformidad en la calidad y consistencia del producto mediante modificaciones relativamente baratas a las tecnologías y procedimientos existentes. Los primeros resultados del proyecto fueron dados a conocer a científicos interesados de otros países en desarrollo que asistieron a un taller de trabajo celebrado en el otoño de 1980 en Singapur.

Investigación en Ciencias Animales

Relativamente son pocos los proyectos sobre producción animal auspiciados en Asia, pero con la llegada de un nuevo Director Asociado con gran experiencia en este continente, el número ha de aumentar en el futuro. Los pocos proyectos apoyados se dedican al uso de los subproductos agrícolas en la elaboración de alimento animal.

En Balí, una isla de Indonesia, se crían cerca de 380.000 cabezas de ganado, en su mayoría empleadas como animales de tiro o arrastre; allí cada año se exportan unos 25.000 novillos de carne. Cuando se alimenta con forrajes verdes de procedencia local y bajo valor nutritivo, el ganado nativo demora de tres y medio a cuatro años para alcanzar un peso comercial de 400 kilos. Balí produce anualmente 170.000 toneladas de yuca en hojuelas, 65.000 de salvado de arroz y 15.000 de harina de copra, aparte de la pequeña producción campesina no registrada. Se pensó que los alimentos suplementarios producidos a partir de subproductos agrícolas disponibles a nivel local acelerarían las tasas de crecimiento. En experimentos de alimentación animal realizados en los terrenos de los agricultores de Petang por científicos de la Universidad de Udayana, el ganado alimentado solo con forraje verde mostró aumentos de 30 gramos diarios, en tanto que el ganado alimentado con raciones balanceadas de subproductos tuvo un incremento de 380 gramos al día. Los sistemas de alimentación utilizados y los subproductos disponibles como suplementos de las raciones están bajo estudio en varias aldeas de Balí así como también lo está la complementación adicional con forraje de 45 especies arbóreas potencialmente útiles. Los resultados serán aplicables a otras áreas del Sudeste Asiático con patrones similares de producción agrícola.

En la Universidad Mahidol de Tailandia, los científicos exploran métodos para utilizar los subproductos forestales y otros desperdicios lignocelulosos, como la paja cereal, en la producción de alimentos para animales. Los rumiantes pueden digerir la celulosa pero no los compuestos de lignina y celulosa que constituyen las gruesas paredes celulares de la mayoría de las plantas leñosas. Por otra parte, los hongos lignocelulolíticos que causan la podredumbre blanca y otras formas de descomposición en los árboles muer-



Hojuelas de yuca empleadas como alimento porcino.

tos, pueden hidrolizar la lignocelulosa. Los científicos tailandeses han recogido varios cientos de especies de hongos de los suelos tropicales y de madera en descomposición y están aislando en cultivos puros aquellos que crecen mas rápidamente y aumentan la digestibilidad y el contenido de proteína microbiana del bagazo de la caña de azúcar, la paja del arroz y otros desperdicios lignocelulosos. Se han seleccionado hongos que exhiben una gran actividad lignolítica y celulolítica a temperaturas tropicales sin generar materiales tóxicos o presentar peligro para la salud humana o animal. Los resultados serán útiles en varios proyectos dedicados a incrementar la producción animal mediante el empleo de desperdicios agrícolas procesados.

Investigación en Silvicultura

Uno de los pocos proyectos que sobre silvicultura auspicia el CIID en Asia tiene importancia internacional. La *Leucaena leucocephala* es un árbol leguminoso de múltiples usos, originario de América Central y adaptable a los países tropicales. Después de ser llevado a México por las civilizaciones precolombinas, debió cruzar el Atlántico a finales del siglo XVI o comienzos del XVII en los galeones españoles que comerciaban con Filipinas a partir de la costa occidental de México.

Este árbol se convirtió en el sombrío favorito para varios cultivos de plantación y en un momento dado se reconoció el hecho de que la *L. leucocephala* tenía la habilidad de fijar el nitrógeno simbióticamente con la bacteria del suelo y convertirlo en proteína foliar. La *L. leucocephala* es la mas común entre más de 50 especies conocidas y se da en diferentes formas, desde arbustos que se prestan para pacer o para el cultivo mixto, hasta

árboles que llegan a los 20 metros de altura en seis años, suministrando una fuente excelente de biomasa. Por su alta densidad, la madera es apropiada para hacer carbón. Entre sus muchas formas fenotípicas, la leucaena presenta potencial valioso como fuente de forraje, alimento animal, abonos y combustible.

El Consejo Filipino para la Investigación sobre Agricultura y Recursos (PCARR) ha recolectado más de 120 tipos de leucaena provenientes de 22 países para evaluación desde el punto de vista de la silvicultura y de varios usos. Se ha demostrado que se puede sembrar junto con pastos tropicales como forraje. Cuando la especie se sembró intercalada con hileras de maíz, los rendimientos fueron equivalentes a los del maíz abonado con amonio. Es más, algunos experimentos sugieren que el cultivo intercalado en hileras reduce el daño causado por el perforador del maíz que según parece no puede atravesar la barrera de leucaena que se levanta entre una y otra hilera de maíz. En Filipinas, una variedad de arroz bajo y de alto rendimiento fertilizada solamente con hojas de este árbol arrojó entre 7 y 9 toneladas de grano por hectárea. Cuando se aplicaron las hojas de leucaena al arroz de tierra alta, los rendimientos de más de 4 toneladas por hectárea fueron comparables a los de las mismas variedades abonadas con 80:30:30 NPK.

Consistente con su política de estimular la investigación sobre especies de importancia tradicional que han sido menospreciadas por los científicos, el CIID ha iniciado en Asia dos redes que prometen ser importantes. La primera está dedicada al mimbres, el producto de un grupo extenso y diverso de palmas denominado *Lepidocaryoideae*, y la segunda al bambú, producido a partir de los pastos gigantes de la subfamilia *Bambusoideae* que se presenta en muchas formas fenotípicas. Tanto el bambú como el mimbres tienen muchos usos entre las poblaciones rurales de Asia.

Un proyecto en el Instituto de Investigación Forestal en Chittagong, Bangladesh, se encargará de seleccionar y evaluar las especies de bambú nativas y exóticas, estudiará los métodos de propagación rápida e identificará los tipos con propiedades útiles para fines alimenticios, estructurales y artesanales. Se cree que, además de satisfacer los requerimientos industriales y artesanales, las plantaciones de bambú pueden servir como impedimento a la erosión.

Para facilitar la formación de las redes investigativas sobre mimbres y bambú, se realizaron dos talleres de trabajo en Singapur, en 1970 y 1980 respectivamente, cuyos resultados han sido publicados por el CIID (IDRC-155e y 159e).

América Latina y el Caribe

CAAN ha auspiciado más de 50 proyectos en 20 países de la región conocida como América Latina, que incluye a México, América Central y del Sur, y el Caribe.

Las principales características fisiográficas de la región son la cordillera, compuesta por las montañas de los Andes y la Sierra Madre; las altiplanicies de Brasil y Guayana en el nordeste; las cuencas de los ríos Amazonas, Orinoco y la Plata, y las islas del Caribe. En muchas regiones los suelos son principalmente lateríticos y, por ende, de baja fertilidad.

La región abarca cuatro zonas principales: los bosques húmedos de algunas partes de Brasil, América Central y las islas; los bosques secos, las tierras de cactus y desiertos, especialmente en México, Perú, Chile y Argentina; las sabanas y llanos en Venezuela y Brasil; y las zonas montañosas de la cordillera. Para la totalidad de la región el patrón de uso de la tierra es 6% tierra cultivable y cultivos permanentes; 24% pastos permanentes; 49% bosques y 21% otros usos, incluyendo el uso urbano y los eriales. En comparación, la proporción de tierra agrícola en Norteamérica y el resto del mundo es de cerca del 11%.

Del total de la población de América Latina, cercano a 360 millones, más de dos terceras partes dependen de la agricultura como fuente principal de ingreso, y producen una décima parte del total mundial de alimentos y fibras. Los cultivos alimenticios y de fibras equivalen a más de dos terceras partes del total de exportaciones de América Latina.

Desde 1976 ha habido poco aumento en los índices de producción de alimentos per cápita de la región como un todo. Aunque Brasil, Argentina y Colombia han incrementado la producción de alimentos per cápita, en otras áreas el índice ha declinado.

Se predice que para finales de este siglo, la proporción urbana de la población proyectada para América Latina, que es de 525 a 600 millones de habitantes, será de un 80-90%, en comparación con 60% en 1979. Si se logra mejorar las condiciones de vida y la producción de alimentos para los pobres del campo, es posible que disminuya la presión sobre las áreas urbanas.

El programa de Ciencias Animales se ha concentrado en América Latina y el Caribe, y la mayoría de los proyectos se ha dedicado al uso de subproductos, hasta ahora desaprovechados, como alimento animal, al mejoramiento de los pastos, a la mejora pecuaria y a la integración de especies nativas y adaptadas en los sistemas agrícolas de la región. Una de las actividades mas estimulantes del programa de pesquería ha resultado en la disponibilidad de productos alimenticios a partir de la pesca acompañante que recogen los barcos camaroneros a partir de las costas de Guyana.

El Programa de Cultivos se ha concentrado en la investigación sobre sistemas de cultivos, cultivos nativos de subsistencia, incluyendo el grano antiguo y tradicional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) anteriormente descuidada por los investigadores.

En contraste con la investigación en producción, que es el eje central del programa de silvicultura en África, en América Latina existen abundantes bosques empleados con ineficiencia y despilfarro, por lo cual el programa de CAAN se concentra en apoyar el desarrollo de mejores tecnologías para convertir la enorme diversidad de las especies de los bosques tropicales en productos útiles. El Cuadro 5 resume el número y el valor de los proyectos apoyados en la región.

Investigación sobre Ciencias Animales

En ningún otro continente ha tenido el programa de Ciencias Animales de la División un desarrollo tan amplio y completo como en América Latina y el Caribe. Esto se debe en parte a que dos sucesivos directores asociados han trabajado en Colombia, pero también es indicativo de la importancia de los animales de granja en los sistemas agrícolas latinoamericanos. Los proyectos que se desarrollan en este continente son un reflejo de las prioridades mencionadas en la introducción e incluyen trabajos sobre mejoramiento de pasturas, producción de alimentos animales a partir de varios subproductos y sistemas integrados de producción que se concentran en especies nativas bien adaptadas al medio.

La Sierra de los Andes altos es una importante zona ecológica que se extiende casi a todo lo largo de Suramérica a una altura frecuentemente por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar. En la sierra peruana, que cubre una superficie de 20 millones de hectáreas, se cría la mayor parte del ganado bovino, ovino y camélido. La tasa de aumento de peso de estos animales es baja por el consumo inadecuado de energía utilizable, proteína digerible y minerales esenciales a partir de los pastos nativos disponibles. El gobierno peruano ha tratado de reducir el flujo de las reservas en divisas extranjeras utilizadas para importar productos de origen animal imponiendo una veda de 15 días al mes en el consumo de carne.

Mejoramiento de Pasturas

Hace diez años una ley de reforma agraria creó las Sociedades Agrícolas de Interés Social (SAIS) para administrar las grandes fincas de los altos Andes, expropiadas por el gobierno peruano y administradas como empresas cooperativas por los antiguos campesinos sin tierra. Aunque difieren en estructura y actividades, cada SAIS ayuda a los campesinos en sus sociedades cooperativas a obtener crédito e insumos agrícolas, a planificar su producción y comercializar sus productos. En vista de que muchas de estas Sociedades dependen de la producción ganadera, el mejoramiento de pasturas es una prioridad. En cooperación con los miembros de un SAIS ubicado en la Sierra Central (68% de los cuales son de ascendencia indígena, 29% cultivadores en compañía, y el resto trabajadores permanentes), los científicos de la Universidad Nacional Agraria realizan experimentos para elevar la

Cuadro 5. Total de apropiaciones y número de proyectos en los países de América Latina y el Caribe.

País	Cultivos y sistemas de cultivo		Pesquería		Ciencias Animales		Silvicultura		Sistemas postproducción	
	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos
Belice			147,3 (27%)	1 (33%)	404,3 (73%)	2 (67%)				
Bolivia	668,1 (79%)	2 (67%)					175,4 (21%)	1 (33%)		
Brasil	101 (19%)	2 (67%)	418,9 (81%)	1 (33%)						
Chile	456,4 (35%)	3 (43%)	280 (22%)	1 (14%)	296,8 (23%)	1 (14%)			253,3 (20%)	2 (29%)
Colombia	1539,4 (54%)	9 (64%)	236,8 (8%)	1 (7%)	1096 (38%)	4 (29%)				
Costa Rica	444 (69%)	3 (60%)			967 (31%)	2 (40%)				
Cuba			73,7 (100%)	1 (100%)						
Ecuador			185,7 (100%)	1 (100%)						
El Salvador					385,2 (100%)	1 (100%)				
Guatemala					395,4 (30%)	2 (40%)	319 (24%)	1 (20%)	607,6 (46%)	2 (40%)
Guyana			748 (100%)	3 (100%)						
Honduras	226,6 (100%)	1 (100%)								
Jamaica	1175,7 (62%)	6 (67%)	227,7 (12%)	1 (11%)	502,5 (26%)	2 (22%)				

México	194,9 (13%)	2 (29%)			1222,4 (82%)	4 (57%)	75,3 (5%)	1 (14%)		
Nicaragua	302,5 (100%)	1 (100%)								
Panamá	76,1 (10%)	1 (25%)			516,3 (69%)	2 (50%)			160,5 (21%)	1 (25%)
Perú	398,5 (10%)	1 (8%)	212,8 (5%)	1 (8%)	1058,9 (25%)	4 (30%)	2119,1 (51%)	4 (30%)	359,2 (9%)	3 (24%)
República Dominicana			140,1 (100%)	1 (100%)						
Sta. Lucia	649,2 (79%)	2 (67%)	172,3 (21%)	1 (33%)						
Trinidad y Tobago	393,7 (71%)	5 (71%)			147,5 (27%)	1 (14,5%)			10,8 (2%)	1 (14,5%)

cantidad y calidad de los pastos de las regiones altas por medio del cultivo de especies de pastos forrajeros y leguminosas locales e importadas.

Los resultados de una investigación agroedáfica fueron mapificados, identificándose aquellas áreas con mayor potencial para el cultivo de pastos. Se seleccionaron y caracterizaron más de 120 sitios para pruebas de manejo de pastos. Unas 20 especies diferentes de pastos y leguminosas fueron sometidas a ensayos agronómicos por encima de los 4000 metros. Una investigación de base sobre los métodos tradicionales de levante de animales y de las condiciones socioeconómicas predominantes hizo posible la evaluación de los beneficios comparativos traídos por la introducción de nuevos métodos. La producción de materia seca de centeno regado por lluvias llegó a las 20 toneladas por hectárea, permitiendo acumular un excedente. Las combinaciones de centeno con trébol rojo y blanco dieron rendimientos de 18 toneladas por hectárea con un contenido protéico del 15,2% en comparación con 1,5 toneladas por hectárea y contenido protéico del 5,7% de los pastos nativos vecinos. El pastoreo de ovejas en estos pastos mejorados, comparado con aquel en pastos nativos, mostró incremento en la tasa porcentual de nacimientos y de corderos vivos, una reducción significativa en la de mortalidad, y una mayor producción de carne y lana en carneros y ovejas.

Las técnicas para la recuperación de pastos degradados incluyen la siembra de *Pinus insignis*, procedente de un proyecto de forestación auspiciado por el CIID, como cortina vegetal para proteger los frágiles suelos y los pastos que allí crecen. Se llevan a cabo evaluaciones nutricionales de varios tipos de pastos de alto rendimiento después de su conservación y almacenamiento en forma de heno seco o ensilaje. Se estudia también la salud y resistencia de los animales que se alimentan con estos pastos a las enfermedades parasitarias. Las deficiencias en fósforo están siendo aliviadas mediante el procesamiento de fosforita mediante técnicas desarrolladas en el proyecto IFDC/CIAT, al cual nos referiremos mas adelante.

En agudo contraste con la región costera del Perú, donde la densidad de población se acerca a los 500 habitantes por kilómetro cuadrado de tierra cultivable, la Amazonia peruana presenta una población promedio de 1,5 habitantes por kilómetro cuadrado. Por tanto, se presenta una notoria y continua migración de la costa, a través de los Andes, hacia la cuenca del Amazonas. Los migrantes se establecen en los claros de los bosques en donde la destrucción de la vegetación acaba rápidamente con la fertilidad del suelo por la lixiviación e incremento de la acidez. Estos suelos de baja fertilidad se caracterizan por un bajo contenido fosfórico y altos contenidos de hierro y aluminio. Se dispone de evidencia suficiente para sugerir que una combinación apropiada de pastos y leguminosas forrajeras protegería estas tierras desprovistas de vegetación de un mayor grado de erosión, mejoraría la fertilidad del suelo y sostendría la población ganadera, suministrando empleo, alimentos e ingresos a los migrantes allí establecidos. Un incremento en la producción ganadera reduciría la enorme dependencia actual de la carne y la leche importadas.

El Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales (IVITA) dispone de un personal científico muy bien capacitado y experimentado en la investigación sobre producción animal en la Amazonia tropical. En un proyecto

que se inició en 1979, los científicos de IVITA, conjuntamente con las cooperativas SAIS del valle del Amazonas, trabajan para tratar de introducir pastos y leguminosas adaptables a la región, establecer métodos eficientes de manejo de pastos en los claros del bosque amazónico, desarrollar sistemas de manejo de pastoreo, conservación de alimentos animales y complementación, diseñar controles sanitarios adecuados, y estudiar las implicaciones económicas y sociales de los sistemas integrados de producción ganadera para carne y leche.

La densidad poblacional es inferior a 1 habitante por kilómetro cuadrado en la superficie de 700 millones de hectáreas que componen la cuenca del Amazonas que se extiende por seis países suramericanos. Una industria animal viable suministraría alimento y empleo y estimularía un mayor número de asentamientos humanos en esta subdesarrollada región.

En México, el Caribe, Belice, Chile y Panamá se apoyan otros proyectos de mejoramiento de pastos. Si bien las condiciones locales y los objetivos específicos varían, la metodología básica es en esencia la misma. Cada proyecto se inicia con un estudio detallado de las condiciones edáficas, climáticas, sociales y económicas de la zona, además de un análisis de la historia de la producción ganadera en las áreas de interés. Pastos y leguminosas, incluyendo especies silvestres nativas y variedades importadas, se siembran solas o combinadas y se mide su tasa de crecimiento y se estudia su contenido de materia seca para determinar la composición de nutrientes. Después las especies y combinaciones que presentan mejores perspectivas se someten a pruebas controladas de pastoreo. La siembra y el pastoreo a gran escala son seguidos por un análisis de factores críticos que incluyen la tasa de aumento de peso corporal de los animales, la producción de leche, la composición ósea y la salud general.

En México, el Instituto Nacional para la Investigación Agrícola ha estudiado la tasa de producción de forrajes entre muchas especies de pastos, leguminosas y otros cultivos, así como su influencia sobre la producción lechera cuando se suministra como forraje verde, heno o ensilaje al ganado y a las cabras domesticadas locales. Debido a los muchos factores involucrados, se solicitó asesoría sobre el diseño e interpretación de la programación linear y los modelos de simulación que incorporaran los factores técnicos, económicos y agronómicos que influyen en la producción y utilización de los cultivos forrajeros y en la producción lechera.

En un proyecto cooperativo desarrollado conjuntamente por científicos del Caribe y Belice, se ha reunido una importante muestra de germoplasma de pastos nativos y exóticos, la cual procede y se ha evaluado en suelos de condiciones disímiles. Se han identificado varias combinaciones con crecimiento y que soportan un pastoreo intensivo. Los resultados han sido cuantificados y analizados. La amplia gama de especies forrajeras de la colección de germoplasma de Belice es particularmente valiosa.

En Chile, la Universidad Católica estudia el mejoramiento de pastos para la ganadería de carne y leche, y la Universidad de Panamá, con una metodología similar, trata de incrementar la producción de leche, carne y aves mediante el cultivo de especies forrajeras de guandul y leucaena, la especie arbórea de uso múltiple descrita anteriormente al referirnos a la

silvicultura en Asia. Importantes avances se han logrado en el aumento de la producción forrajera y en el mejoramiento de la calidad de las dietas alimenticias de los animales en aquellos lugares donde los pastos nativos son complementados con las especies leguminosas ya descritas, y se dan como forraje verde o se conservan como heno o ensilaje mediante la acidificación y la incorporación de melazas.

Un equipo de veterinarios, agrostólogos, nutricionistas animales y zootécnicos trabaja con 800 cabezas de ganado Cebú y cruces de Cebú y Holstein en la Estación Investigativa de Cualaca en Panamá. El objetivo es incrementar la producción de leche y carne mediante la introducción de pastos mejorados, pastos conservados y leguminosas, complementado con subproductos agrícolas. Panamá importa más del 50% de su leche, y debido a la baja calidad nutricional del pasto faragua, la producción lechera y el aumento de peso de los animales son mas bajos de lo que se puede observar cuando se emplean sistemas mejorados. Durante los dos primeros años, los sistemas mejorados de alimentación duplicaron la producción anual de leche en el hato que se utilizó para la investigación. Estos resultados llamaron la atención y el interés del Banco de Agricultura y Desarrollo, entidad que financiará posiblemente el desarrollo ulterior y la explotación de los resultados de la investigación.

Un estudio diagnóstico de pequeños predios en Costa Rica mostró que el 76% combinaba la producción ganadera con cultivos perennes y anuales; el 97% de los productores de ganado crían sus animales para leche y carne; que la leche representaba el 90% del valor de producción; que el pastoreo complementado con subproductos agrícolas como troncos de banano, tallos y subproductos de caña es la principal fuente de alimento animal; y que la producción inadecuada de pastizales, que lleva al sobrepastoreo, es una de las principales restricciones para aumentar la producción. En cooperación con los agricultores de Costa Rica, y en un módulo agrícola experimental diseñado para reproducir las condiciones típicas de los pequeños agricultores de Costa Rica, los científicos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se dedican a la búsqueda de sistemas mejorados de producción mediante pastizales mejorados y un uso mas eficiente de los subproductos agrícolas y otros desechos rurales.

En México y varios países de Centroamérica proyectos en curso aspiran a alimentar a los animales de los predios rurales con subproductos agrícolas e industriales y con materiales de desecho. Seis institutos mexicanos de investigación, en un proyecto coordinado por el Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología, colaboran para utilizar varios subproductos de la caña en la producción de alimentos para el ganado de carne y leche. Las determinaciones convencionales de aumento de peso y producción de leche con base en varias dietas derivadas de la caña están respaldadas por análisis microbiológicos y bioquímicos mas profundos sobre el efecto de un alto consumo de azúcar en la composición del bolo alimenticio en el primer estómago de los rumiantes. Se encontró que la caña entera no es inferior a la caña descortezada si se corta en partículas entre 3 y 20 mm. La eficiencia del alimento aumentó con la fermentación anaeróbica líquida de melazas, bagazo y nitrógeno inorgánico. Cuando el producto llamado Biofermel se utilizó como complemento del forraje de pastura, produjo aumentos de peso de

casi un kilo por día en ganado de 200 kilos de peso. También se vió que un problema tóxico ocasionado por los altos niveles de melaza en la dieta se podrá reducir incorporándole glicerol. Los resultados generales señalan la posibilidad de tener sistemas integrados de alimentación animal en la región tropical de México mediante el empleo de forraje de pastos durante la estación lluviosa, y de caña procesada con forraje preservado en la seca.

En América Central y del Sur se desechan enormes cantidades de pulpa de café, el material carnosos que rodea el grano, proceso que en buena parte termina contaminando los ríos. La pulpa de café contiene un volumen protéico importante desde el punto de vista nutricional y se calcula que al año se desperdicia así el equivalente de unas 100.000 toneladas de proteína. Debido a la cafeína residual y, posiblemente, a otros polifenoles antinutrientes, cuando la pulpa del café se utiliza en proporciones superiores al 20% de la dieta, reduce la ganancia de peso de los animales jóvenes y la producción de las vacas lecheras.

En el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), se realizan estudios para indentificar los polifenoles antinutrientes presentes en la pulpa, con miras a desarrollar técnicas de procesamiento que eliminen o neutralicen sus efectos negativos y alimentos compuestos con pulpa seca procesada en combinación con otros subproductos agrícolas.

La técnicas que parecen reducir el efecto de los antinutrientes incluyen el añejamiento de la pulpa seca, su ensilaje con otros desechos agrícolas antes del secado y la decafeinización por medio del lavado con agua. Las investigaciones continúan con la participación de ganaderos centroamericanos con el fin de aplicar los resultados del INCAP a sistemas aceptables de alimentación de ganado. El INCAP también trabaja en la cría del cerdo nativo que, además de su mayor resistencia a las infecciones locales, convierte los alimentos, particularmente la proteína de baja calidad, mas eficientemente que los animales importados.

Por encima de los 4000 metros, la presión barométrica es 40% de lo que es a nivel del mar y la escarcha se presenta 300 noches al año. Solo aquellos animales nativos y bien adaptados a condiciones tan severas pueden sobrevivir. Entre las pocas especies que se pueden criar están los camélidos nativos: las llamas, las alpacas y las vicuñas. En Perú, especialistas en veterinaria y producción animal han comenzado una investigación sobre la fisiología y eficiencia de la utilización del alimento en estos animales. La alpaca y la llama, de las cuales hay unos 7 millones en las tierras de escasa pastura de los Andes altos, son la fuente de leche, carne, fibras para vestido y efectivo de las poblaciones indígenas pobres de la región.

Como con la mayoría de especies nativas, estos animales no han sido hasta ahora de interés para los investigadores. El proyecto se beneficiará con los resultados de la investigación sobre pasturas andinas, descrito antes, aunque se seleccionarán especies forrajeras que sobrevivan y crezcan a altitudes mucho mayores que las toleradas por el ganado vacuno y ovino de los Andes. Se analizan los requerimientos nutricionales, los hábitos alimenticios y la calidad de las pasturas existentes y cultivadas por encima de los 4000 metros para diseñar sistemas de producción mas eficientes e intensivos para los camélidos domesticados. Los camélidos sufren de gastroenteritis



Llamas en las colinas de los altos Andes.

parasitaria ocasionada por lombrices intestinales, de coccidiosis ocasionada por la protozoa intestinal, de sarna sarcóptica causada por las garrapatas y los ácaros, y de enterotoxemia ocasionada a partir de la infección intestinal causada por *Clostridium perfringens*. Se llevarán a cabo estudios sobre un número de gusanos, la especie de bacteria *Clostridium* y otros parásitos intestinales y epidérmicos que atacan a los camélidos, alteran su salud y la calidad de su piel y reducen su eficiencia de conversión alimenticia.

En Colombia y en universidades de Bolivia, Costa Rica, Panamá y Perú, se desarrolló una pequeña red de proyectos de mejoramiento porcino. Jóvenes científicos capacitados en el CIAT aplicaron en sus propios países las técnicas aprendidas. Aunque relativamente modesto en su alcance, cada proyecto ha logrado progresos en el establecimiento de centros de investigación con base en subproductos agrícolas locales. La base de cría consistió en las razas Durok, Hampshire y Yorkshire cruzadas con especies nativas.

Investigación en Pesquería

Pese a que las capacidades institucionales y profesionales requeridas son limitadas, el interés por aumentar el suministro de pescado y plantas acuáticas para la alimentación experimenta un crecimiento continuo en todos los países latinoamericanos.

Ostricultura Tropical

En la Universidad de las Antillas la ostricultura parece haberse beneficiado de los proyectos relacionados auspiciados por el CIID en Africa y Asia. Las técnicas que utilizan la balsa de tipo voladizo y la cesta de crecimiento desarrolladas en Japón, ofrecen buenas perspectivas y el trabajo ha llamado la atención tanto del gobierno de Jamaica como del Banco de Desarrollo Caribe.

En Colombia, en la costa pacífica, en las bahías de Buenaventura y Málaga, el ciclo vital y las características biológicas del cangrejo del manglar *Callinectes toxotes* y del berberecho (*Anadara tuberculosa*) del manglar, son objeto de estudios por parte de científicos universitarios en cooperación con las comunidades que practican la pesca artesanal en los manglares. Estas investigaciones son preliminares al cultivo y cría de estas dos especies, nativas de la región cuyo aumento de rendimientos se estima deseable para el suministro local de alimentos.

Simultáneamente, en la costa atlántica colombiana se está instalando y equipando una estación experimental para el cultivo intensivo de ostras tropicales cuyo objetivo final es una cooperativa ostricultora que provea apoyo financiero y facilidades de comercialización a los pescadores costeros que finalmente cultivarán los bivalvos.

Bioecología y Factores Ambientales

Las costas de Perú y Chile son famosas por la riqueza de su vida marina. Científicos de la Universidad Nacional Agraria en Perú, en asociación con organizaciones de pescadores, estudian la bioecología y los factores ambientales que influyen en la supervivencia y tasa de crecimiento de tres especies de moluscos nativos recogidos como alimento por las comunidades costeras. Mediante un conocimiento mayor de la vida y los hábitos alimenticios de estas especies se espera desarrollar tecnologías de cultivo y comparar métodos de cultivo que utilizan flotadores, balsas y fondo marino.

En Chile, biólogos profesionales en colaboración con pescadores locales, analizan la biología, los ciclos vitales, y los patrones de crecimiento de varias algas e invertebrados marinos autóctonos de la región. Allí, la corriente de Humbolt estimula una de las mas ricas producciones marinas del mundo. Para poder obtener una cosecha mas abundante y consistente, se requieren con urgencia conocimientos mas profundos del sistema bioecológico interrelacionado que, en primer lugar, aseguren un control adecuado de la cosecha y conservación de las especies mas importantes y, en segundo lugar, identifiquen aquellas plantas e invertebrados marinos apropiados para cultivo. El objetivo final es desarrollar un sistema de cultivo que integre las algas marinas con los moluscos y otros invertebrados.

En Belice, la unidad de pesquería analiza y registra la historia vital de la caracola caribeña (*Strombus gigas*) con el objeto de tener una base biológica firme para la recolección racional y el manejo y conservación efectivos de esta valiosa especie. La investigación incluye el cálculo de la cría, las tasas de crecimiento, el tamaño en la madurez, los hábitos y estaciones de reproducción, la alimentación, la supervivencia y los hábitos migratorios. A más de proveer una base para una recolección y conservación controladas, la información servirá para indicar la cantidad de conchas de caracola disponibles para la industria artesanal y la factibilidad de recolección de semillas y maricultura de la caracola.

Una especie popular de pescado comestible que se captura en la costa pacífica tropical de América Latina es el chame (*Dormitator latifrons*). Un grupo de entidades ecuatorianas investiga actualmente la biología, la historia vital, la distribución, la supervivencia y el estado de esta especie bajo métodos tradicionales de captura. Con base en los resultados, se compararán los sistemas que parezcan mas apropiados para el cultivo del chame en aguas dulces, salobres y lagunas marinas. Estos estudios abarcarán la reproducción, la supervivencia y la tasa de crecimiento de los alevines, así como los requerimientos alimenticios en todas las etapas de crecimiento y desarrollo.

En Brasil, cinco entidades gubernamentales y académicas llevan a cabo un ambicioso proyecto que, de tener éxito, redundaría en extraordinarios beneficios para la cuenca amazónica. Su propósito es seleccionar y, mediante análisis biológicos y ambientales, reproducir y criar en cautiverio varias especies de peces nativos del Amazonas que son altamente apreciadas como alimento por los habitantes de la región. No obstante saberse que en el Amazonas existen más de 12.000 especies comestibles de peces, hasta ahora solo se le ha prestado atención a la biología de los peces ornamentales de acuario para exportación. Este es el primer intento importante por cultivar especies nativas para consumo local y el gobierno de Brasil ha demostrado su fe en el valor del proyecto asignándole una contribución financiera elevada. La participación del CIID proporcionará información y técnicas pertinentes y la divulgación de resultados útiles a otros países amazónicos.

En Guyana, la corporación azucarera paraestatal, en colaboración con la Universidad de Guyana, aspira a establecer el policultivo de peces en los campos azucareros que por vieja costumbre guyanesa se anegan después de la cosecha y durante el barbecho. El propósito es cultivar durante ese período de anegamiento en barbecho, varias especies no competitivas de rápido crecimiento, entre ellas la tilapia, la carpa y el *hassar*, con el objeto de incrementar el suministro de pescado comestible y el ingreso de los cultivadores de caña.

También en Guyana, el ministerio de Desarrollo y Agricultura, en colaboración con la empresa Guyana Food Processors Ltd., trata de desarrollar métodos de procesamiento y comercialización de varias especies de pescado que en la actualidad se desechan durante las operaciones de los barcos camaroneros en las costas del país. Ya se ha recogido valiosa información sobre los suministros estacionales de varias especies que conforman la pesca acompañante y sobre el desarrollo de procesos apropiados y nuevos productos que empleen esta pesca. Para ampliar estos avances, la empresa



Clasificación de la pesca acompañante en un barco camaronero en las afueras de Guyana.

colaboradora ha obtenido US\$4 millones de la Comunidad Económica Europea para nuevos equipos de procesamiento, y US\$17 millones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para financiar nuevos barcos pesqueros y asistencia técnica.

En la República Dominicana, el Centro de Investigación y Mejoramiento de la Producción Animal (CIMPA), aspira a establecer la cría de peces en combinación con la producción ganadera mediante cultivos en corrales y jaulas en los lagos y canales de riego del interior y en las lagunas costeras. Los estudios bioecológicos de las especies nativas determinarán los mejores sistemas para el cultivo cercado de las especies seleccionadas.

La Unidad de Administración de Pesquería de Santa Lucía, en colaboración con una cooperativa de pescadores, estudia la biología y los medios para cultivar algas marinas nativas, como el musgo marino, junto con peces y mariscos. En muchas comunidades costeras el extracto de las algas marinas es empleado en la preparación de alimentos y vendido a los procesadores comerciales para su conversión química en sustancias utilizadas por la industria alimenticia y farmacéutica como agentes solidificantes, estabilizadores y emulsificantes. En el Caribe, la producción anual de musgo marino, que en el pasado llegó a 5000 toneladas de peso seco, apenas llega hoy día a las 100. La demanda actual y proyectada indica la conveniencia de explorar el cultivo de algas marinas importantes en asociación con especies de peces y mariscos. Los experimentos se llevarán a cabo en las tranquilas aguas de las bahías mediante cultivo en rejillas hundidas o cultivo flotante para las diferentes especies. Las tasas de crecimiento de las algas cultivadas serán comparadas con las tasas de crecimiento natural en diferentes lugares y condiciones ambientales de la costa. Las tasas de crecimiento de los clones

de las especies preferidas serán comparadas en cultivos mixtos e individuales. Se controlará la influencia de los organismos predadores, competidores, comensales, así como la otros factores ecológicos.

Investigación sobre Cultivos

La metodología desarrollada y la experiencia obtenida en la investigación sobre sistemas de cultivo en Asia han sido claramente útiles en la definición y ejecución de un número cada vez mayor de proyectos de sistemas agrícolas y de cultivo en América Latina. La red asiática se benefició en materia de administración y conceptos de la temprana experiencia de la División en Colombia donde la investigación en sistemas de cultivo fue uno de los primeros proyectos apoyado por CAAN.

El Proyecto Cáqueza

El Proyecto Cáqueza comenzó en 1971, cuando el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) solicitó ayuda del CIID en la reestructuración de su programa de desarrollo rural integrado. El resultado de este ambicioso proyecto, que buscaba el mejoramiento social y económico junto con una mayor productividad de la pequeña granja, ha recibido amplio despliegue en la publicación *Cáqueza: experiencias en desarrollo rural* (IDRC-107s). El área del proyecto se ubicó en el valle del oriente de Cundinamarca donde más del 75% de la población deriva sus ingresos de la agricultura en pequeñas propiedades, muchas localizadas en laderas por encima de los 2000 metros. Los cultivos mas importantes son el maíz, varias leguminosas y la papa, de los cuales se siembran simultáneamente tres o más con una cosecha que tarda varios meses. El proyecto sacó a luz tecnologías de pequeña granja mediante las cuales incrementaron significativamente los rendimientos del maíz y otros productos. La tasa de adopción de estas tecnologías fue relativamente rápida debido a que la investigación se desarrolló en estrecha cooperación con la comunidad rural que tenía por objeto beneficiar. El principal objetivo fue introducir mejoras importantes a los tradicionales sistemas agrícolas existentes mediante el suministro de mejores semillas, métodos agronómicos perfeccionados y asesoría de apoyo. La investigación que aparentemente involucraba riesgos superiores al promedio se realizó en lotes de tierra seleccionados al azar entre las granjas participantes. En consecuencia, aunque el medio era característico y representativo de la región, no se invitó a los agricultores a ensayar o adoptar innovaciones que no habían sido cuidadosamente comprobadas. El proyecto confirmó una actitud que se encuentra a nivel casi universal entre los pequeños agricultores de subsistencia — el deseo de minimizar el riesgo más que de maximizar la producción y las utilidades cuando esto último involucra un riesgo alto.

Al demostrar la necesidad de primero entender por completo al pequeño agricultor y sus limitaciones antes de lanzarse en pos de las mejoras tecnológicas, el proyecto forjó una relación entre los científicos investigadores colombianos y los pequeños agricultores, llevando finalmente a una reestructuración del ICA que le dió mas énfasis a los sistemas agrícolas que a la investigación de disciplinas discretas y a veces aisladas. La metodología,

que mas tarde se perfeccionaría en Asia, requería que buena parte de la investigación se realizara en los terrenos de los agricultores, con tierra y condiciones similares a las de las pequeñas granjas.

Subsiguientemente, el sector rural colombiano fue zonificado de nuevo en 86 áreas de desarrollo rural, cada una conformada por un número de municipios similar al del Proyecto Cáqueza y con personal de investigación, demostración y capacitación del ICA.

El Proyecto Cáqueza parece además haber influido tanto sobre la Universidad Nacional, que ahora ofrece cursos superiores para administradores de investigación, como a la universidad rural cuyos programas de investigación agrícola en pequeña escala reciben el auspicio del CIID.

El CIID también auspicia un extenso proyecto de investigación del ICA sobre cultivos múltiples que abarca varias regiones de Colombia. Aproximadamente 80% de la investigación se realiza en los terrenos de los agricultores, el resto en las estaciones experimentales del ICA. En varias partes se analizan los mecanismos para incrementar y estabilizar con el menor riesgo la producción total de combinaciones de cultivos tradicionales en la pequeña granja. Las combinaciones estudiadas incluyen: maíz asociado con especies de frijol trepador; papa con arveja; caña de azúcar con leguminosas comestibles; combinaciones de plátano con maíz, yuca y leguminosas comestibles. Los científicos del ICA, en cooperación con los pequeños agricultores, examinan la influencia agronómica y económica de una amplia gama de variables y harán comparación entre las tecnologías mejoradas y los métodos tradicionales de cultivo. Mediante becas de estudio se establecerá la cooperación con el programa de sistemas de cultivo del IRRI.

En Perú, las Universidades de Puno, Cuzco y Ayacucho trabajan conjuntamente en una investigación sobre sistemas de cultivo con agricultores de la zona y en una amplia gama de condiciones de los Andes peruanos. Los cultivos son básicamente autóctonos e incluyen papa, quinua y otras especies tolerantes a la altura. Los experimentos son realizados tanto por los mismos agricultores individuales en sus predios, como en tierras comunales cultivadas por escolares bajo supervisión. Aunque la metodología aprovechará la experiencia de la red Asiática y del Proyecto Cáqueza, las condiciones agroclimáticas y socioeconómicas de los habitantes rurales pobres de los altos Andes hacen que este proyecto sea único en su género. El hecho de que se realice con la cooperación de tres universidades es buen augurio para la futura orientación de sus programas de capacitación de grado y pregrado.

En el Valle del Cauca, en Colombia, lo que podría describirse mejor como una universidad rural se empeña en el desarrollo de un novedoso enfoque de la capacitación y la investigación sobre la pequeña granja. Con la colaboración de pequeños agricultores, y en la granja de demostración e investigación de la universidad rural, se estudian aspectos de los sistemas agrícolas locales, tales como: el intercultivo de banano con leguminosas y calabaza; la integración de la producción porcina y avícola empleando el jacinto de agua y los subproductos agrícolas como alimentación; cercados de demarcación y setos como apoyo a los cultivos hortícolas; y bombas chinas de cadena y bombas manuales sencillas para el suministro de agua. El

proyecto está siendo ampliado para incluir un componente de educación agrícola auspiciado por la División de Ciencias Sociales del CIID.

En la Universidad de las Antillas se obtuvo un rendimiento aumentado de guandul al producir una variedad de ramificación compacta que permitió una densidad mayor de plantas menos distanciadas. Este proyecto también produjo tipos de guandul que permiten su recolección mecánica así como plantas que maduran durante todo el año, y no solo al final, lo que permitió a los pequeños agricultores la recolección manual durante un período de tiempo relativamente extenso.

WINBAN, la Asociación de Productores de Banano de las Islas Barlovento (Dominica, Santa Lucía, San Vicente y Grenada), aspira a incrementar la productividad de las más de 30.000 hectáreas sembradas con banano, en las cuales los pequeños agricultores obtienen rendimientos relativamente bajos. La mayor parte de la producción bananera se exporta, pero las islas importan entre el 60 y el 80% de sus requerimientos totales de alimentos. El objetivo de WINBAN es incrementar la producción local de alimentos mediante sistemas de intercultivo de cereales, leguminosas, tubérculos y otros en las plantaciones de banano. La investigación ha demostrado métodos agronómicos adecuados para los cultivos combinados que prometen aumentar la utilidad económica de sistemas que producen 2 toneladas de maíz por hectárea y 11 de batatas, sin pérdidas significativas en el rendimiento del banano con que se intercultivan. Se encontró que el cultivo mixto incrementa la demanda de mano de obra de 20 a 43%, la inversión de capital de 4 a 11% y las utilidades netas por hectárea de 42 a 102% cuando se intercalaron cereales, leguminosas, tubérculos y oleaginosas en diferentes combinaciones con el banano y el plátano. El plátano crece mas lentamente que el banano y por lo tanto a veces se pueden sembrar hasta tres ciclos de intercultivos antes de que se cierren las copias del plátano. La influencia de las diferentes combinaciones de cultivos alimenticios sobre la tasa de maduración del banano y la fertilidad del suelo constituyen temas de gran interés. La importancia del proyecto se destacó en 1980 a causa de los extensos daños ocasionados por los fuertes huracanes que azotaron las Islas Barlovento.

Científicos de la Universidad de Panamá analizan la influencia sobre los rendimientos del banano y el plátano y sobre la fertilidad del suelo de una cubierta de leguminosas tropicales fijadoras de nitrógeno. En Panamá hay 80.000 pequeños agricultores que cultivan banano y plátano, especialmente para consumo local. Para satisfacer la elevada demanda de nitrógeno del banano, los agricultores aplican cerca de 400 kilos de fertilizante nitrogenado por hectárea, 25% del cual puede ser lavado por la fuerte precipitación. Se espera que la generación simbiótica del nitrógeno del suelo por las leguminosas tropicales sea mas económica que los fertilizantes químicos pero tan efectiva como éstos en el cubrimiento de las necesidades nutricionales de la planta. A su debido tiempo, la cubierta de leguminosas también puede servir para alimentar animales de pastoreo.

En colaboración con el CATIE se adelantan proyectos de sistemas de cultivos que involucran pequeños agricultores hondureños y nicaragüenses. Los detallados estudios sobre los sistemas de producción de los agricultores, los métodos de manejo, los recursos de tierra, mano de obra y capital, el uso de la tierra y la disponibilidad de crédito y métodos de

comercialización han proporcionado una valiosa información básica. Ahora se desarrollan patrones de cultivo para las condiciones de alta y baja precipitación atmosférica que existen en diferentes zonas de Centroamérica. Además de arroz, maíz, sorgo y varias leguminosas comestibles, se siembran barreras vivas de piña, manglares, sisal (*Agave sisalana*) y pastos profundos a lo largo de las laderas muy inclinadas para minimizar la erosión. Otros cultivos de interés son la batata, la yuca y el lino.

Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*) crece en el altiplano andino entre los 3500 y los 4200 metros. La quinua se cultivaba como producto alimenticio básico desde antes de la evolución del Imperio Incaico y sigue siendo un cultivo alimenticio de primer orden en los Andes altos de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Chile y Argentina. Al igual que con otros cultivos alimenticios descuidados hasta ahora por los científicos, la producción con los métodos agrícolas tradicionales a duras penas alcanza a los 400 kilos por hectárea. Científicos del Instituto Boliviano de Tecnología Agrícola han identificado cultivares que con una ligera mejora en el manejo, arrojan 1500 kilos por hectárea, y un cultivar superior que con sistemas de administración mas intensos, produce casi 3,5 toneladas por hectárea. Casi toda la quinua de los Andes es cultivada por pequeños agricultores para consumo local, a menudo en combinación con otros cultivos alimenticios como la papa, la cebada, las raíces comestibles y las leguminosas. Además de su tolerancia a



Cultivo mixto de quinua y maíz.

la altura, a los suelos relativamente pobres y las bajas temperaturas nocturnas, la semilla de la quinua es notablemente mas nutritiva que cualquier otro cereal o leguminosa conocidos. Como proporción del nitrógeno y la proteína presente, la lisina es mucho mas alta en la quinua que en el trigo, y el contenido de aminoácido sulfúrico es mas del doble que en la proteína de la soya.

El proyecto de Bolivia ha recogido 1500 entradas para el banco de germoplasma de quinua, todas las cuales se evalúan por su potencial de rendimiento y otras características deseables en varias estaciones. De un total de 120 de las mejores muestras, 65 mostraron buenas posibilidades de rendimientos superiores a las 5 toneladas por hectárea, incluyendo tres tipos que en una prueba arrojaron más de 8 toneladas de semilla por hectárea. La investigación continuará la selección para combinar las características de alto rendimiento con otros rasgos esenciales y suministrar a los agricultores pobres de los Andes sistemas mas económicos y productivos para el cultivo de este producto.

Para ampliar el ámbito latitudinal y agroclimático de los experimentos y con la esperanza de introducir nuevamente la quinua a Colombia, de donde casi ha desaparecido por completo, la Universidad Nacional de Colombia evalúa tipos superiores de quinua en varias estaciones de investigación.

A través de años de estudio de reproducción, selección y ensayos agronómicos a diversas altitudes, los científicos del CIMMYT han identificado cultivares mejorados de sorgo suficientemente tolerantes de las bajas temperaturas y las grandes altitudes como para poderse cultivar por encima de los 2500 metros. Este es un hallazgo importante para los cultivadores de sorgo de los trópicos semiáridos con tierras relativamente altas.

Tritical

El tritical es un híbrido producido por un cruce intergenérico entre los cereales trigo (*Triticum*) y centeno (*Secale*). El primer híbrido registrado de trigo y centeno fue anunciado en 1873 y durante el siglo siguiente varios botánicos y fitogenetistas informaron sobre experimentos en los que se producían híbridos de trigo y centeno. Hasta hace relativamente poco, incompatibilidad genética típica de los híbridos intergenéricos aparecía en todos los cruces anunciados. Esta incompatibilidad se manifiesta en la primera generación del híbrido que contiene solo un grupo de cromosomas de trigo y solo uno de centeno.

Se pensó que la ventaja de un híbrido de tritical sería la capacidad potencial de heredar los rasgos deseables del trigo y la fortaleza del centeno. De ahí el empeño en vencer la esterilidad del híbrido mediante la investigación, para crear un grano que tuviera la aceptabilidad del trigo combinada con la tolerancia del centeno a las bajas temperaturas y a los suelos arenosos, y con la adaptabilidad a las tierras marginales donde no prospera el trigo o los otros cereales importantes.

Con el apoyo financiero de la ACIDI se creó un proyecto cooperativo entre el CIMMYT en México y las Universidades de Manitoba y Guelph en Canadá. Mas adelante nos referiremos a la contribución de las universidades

canadienses al éxito del proyecto. La valiosa contribución del CIMMYT ha sido descrita en varias publicaciones. En forma sucinta, los logros incluyen: híbridos fértiles de tritical; incremento en los rendimientos, desde un nivel muy inferior hasta casi el equivalente de las mejores especies de trigo del CIMMYT; contenido promedio de proteína-nitrógeno superior al de los diez mejores trigos del CIMMYT; contenido de lisina (como % de la proteína-nitrógeno) también superior al de los diez mejores trigos; una mejora significativa en la calidad del grano: en 1970 muchos triticales presentaban granos arrugados y el peso promedio de la semilla de las diez mejores variedades era de unos 69 kg/hl; para 1976 este había aumentado casi a 80 kg/hl.

Hasta ahora los resultados de la investigación del CIMMYT han sido mas aprovechados en los países desarrollados que en los países en desarrollo pero, a medida que el grano reciba mas atención por parte de los tecnólogos en cereales, su aceptabilidad se verá incrementada y el tritical contribuirá a la producción total de cereales en grano del Tercer Mundo.

Uno de los mas estimulantes proyectos de tritical es el de la Universidad Católica de Chile cuyos científicos han informado de rendimientos entre 3,5 y 5,5 toneladas por hectárea, con contenidos de proteína relativamente elevados. Las parcelas investigativas cubren casi toda la longitud de Chile, una distancia total cercana a los 4000 kilómetros. Aunque en general el peso por unidad de volumen de la semilla del tritical ha sido menor de lo que se considera aceptable para variedades corrientes de trigo, varias líneas de tritical se acercan ahora al peso de prueba deseable de 75 kg/hl. Los científicos chilenos informan una aceptación satisfactoria de la harina de tritical en varios alimentos a base de cereales y, dada la aparente resistencia superior del tritical a las royas del trigo, se espera que el tritical sirva finalmente para reducir la dependencia chilena de los cereales importados.

Yuca

El origen y el progreso de la red mundial de proyectos de yuca iniciada en Colombia ha sido ampliamente documentada en varias publicaciones del CIID (véase Apéndice 3). Todo empezó con una considerable contribución económica de la ACIDI al CIAT, junto con la suma de Can\$750.000 para ser invertidos en investigaciones complementarias sobre yuca en instituciones canadienses. El CIID fue encargado de administrar el proyecto total.

La yuca, que se cultiva en más de 80 países tropicales, suministra la energía alimenticia básica a más de 300 millones de personas pobres en el mundo. Después de revisar el conocimiento existente sobre el tema, el equipo del CIAT recogió más de 2000 cultivares en América Latina, cuna de la yuca. La investigación sobre reproducción, selección y propagación a partir de semillas y material vegetal respaldada por investigaciones agronómicas, fisiológicas, entomológicas y patológicas, ha llevado a obtener notables incrementos en la producción de yuca tanto de la pequeña propiedad campesina como de las plantaciones mas extensas.

La investigación efectuada en Canadá permitió la propagación de material sano a partir de plantas infectadas mediante el cultivo de tejido de meristemo apical. Los científicos de la Universidad de Guelph identificaron microorganismos tropicales capaces de hidrolizar y fermentar la yuca mez-

clada con nitrógeno inorgánico; el producto final contiene cerca de un 35% de proteína cruda con base en peso seco. Las investigaciones en curso tratan de refinar el proceso de enriquecimiento microbiano y de diseñar y construir fermentadores sencillos para producir yuca enriquecida con proteínas con destino al alimento animal en los países tropicales.

Además de su responsabilidad como administrador de los recursos financieros de la ACIDI, el CIID invirtió una suma considerable de su propio presupuesto en varios proyectos sobre yuca en Asia, África, el Caribe y América Latina. En América Latina se comenzó por apoyar pequeños proyectos de yuca a cargo de estudiantes de grado de Bolivia, Perú y Costa Rica. Posteriormente, se emprendieron proyectos para modificar y adaptar las tecnologías desarrolladas por el CIAT a las condiciones imperantes en Brasil, Perú, Ecuador y, mediante un proyecto cooperativo de investigación, localizado en el CIAT, en otros países interesados del Caribe y América Latina. En Brasil, rica fuente de germoplasma de yuca silvestre, el Instituto de Ciencias Biológicas ha recogido varias especies silvestres de *Manihot*, algunas de las cuales se han hibridado después de ser seleccionadas.

La investigación sobre yuca en América Latina ha llevado a notables aumentos en el rendimiento obtenido por los pequeños agricultores. Antes de iniciarse el programa, los rendimientos promedio eran entre 10 y 15 toneladas por hectárea. Después de la aplicación de sistemas mejorados de cultivo, agricultores colombianos han logrado más de 30 toneladas por hectárea y, con mayores insumos agronómicos, es posible obtener más de 50.

También ha habido avance en el control biológico de varios predadores de la yuca. Se identificó una especie de himenoptera que ataca al gusano cachón, una criatura verde con apariencia de babosa que se alimenta vorazmente con hojas de yuca.

En Trinidad, científicos del Instituto de Control Biológico de la Mancomunidad Británica (CIBC), estudiaron el ciclo vital y la dinámica poblacional del ácaro verde de la yuca (*Mononychellus tanajoa*) que ocasiona graves daños a las hojas. El CIBC ha identificado varios insectos que predan en este ácaro, incluyendo cuatro fitoseidos, dos cecidómidos, un coccinélido y tres estafilínidos, algunos de los cuales se han llevado al África donde el ácaro verde causa estragos a la yuca de varios países.

El Centro de Información sobre Yuca, del CIAT, financiado por la División de Ciencias de la Información del CIID, ha hecho posible la divulgación mundial de los resultados de la investigación sobre mejoramiento de la yuca realizada en el CIAT y en muchos de los países participantes.

Con el fin de reducir la dependencia de los fertilizantes químicos importados en los países en desarrollo, el CIID auspicia investigaciones encaminadas a hacer un mejor uso de las fuentes locales de nutrientes vegetales. En muchos suelos tropicales la deficiencia en fósforo es común, y para complicar más las cosas, los cultivos alimenticios absorben el fósforo de una capa del suelo relativamente delgada y adyacente a sus raíces. No más del 15% y a menudo tan solo un 5% del fósforo presente en el suelo cultivado es utilizado por la planta en crecimiento. Pocos países en desarrollo, con suelos

deficientes en fósforo, pueden producir abonos de fosfato. Sin embargo, muchos de estos países poseen en su territorio enormes depósitos de fosforita en los cuales, por lo general, el fósforo se encuentra en forma insoluble. Muchos de estos depósitos pueden proveer el fósforo para las plantas en crecimiento mediante tecnologías de procesamiento comparativamente sencillas.

El IFDC y el CIAT exploran en forma conjunta los métodos para lograr que los depósitos de fosforita alivien la deficiencia fosfórica de los *andosols*, *oxisols* y *ultisols* que cubren extensas áreas de bosques tropicales y sabanas en América Latina. Extensas pruebas de laboratorio y de campo con diversos cultivos alimenticios y forrajeros sembrados en estos suelos han demostrado que se puede liberar el fósforo a las plantas en crecimiento mediante métodos de tratamiento de la fosforita tan sencillos como la pulverización fina, la concentración por agua y el tratamiento con ácidos inorgánicos de poco costo. Durante el primer año de aplicación, la fosforita tratada estimuló tasas de crecimiento mas lentas que los superfosfatos químicos, pero posiblemente por la tasa mas lenta de liberación del fósforo, se presentó un mayor avance y un mayor estímulo de crecimiento de las plantas cultivadas con fosforitas tratadas durante el segundo año y los subsiguientes. La investigación abarca todos los métodos de tratamiento y aplicación, incluyendo la conversión microbiológica de la fosforita molida en formas efectivamente apropiadas que se aplican tanto a los cultivos alimenticios como al de pasturas. Como se ha dicho, la experiencia obtenida en América Latina se aplicará con objetivos similares a los suelos del occidente africano donde hay deficiencias de fósforo en regiones muy cercanas a depósitos de fosforita.

Investigaciones sobre Sistemas Postcosecha

Utilización de la Pesca Acompañante

En muchos de los océanos del mundo, los barcos camaroneros capturan sin proponérselo una gran variedad de especies marinas, la mayor parte de las cuales se descarta por ser mucho menos importantes económicamente que el camarón. Casi el total de esta pesca es tirada de vuelta al mar poco antes de llegar a puerto, originando el desperdicio excesivo de una valiosa fuente de proteína, sin contar que este método atrae tiburones a las aguas costeras. Se calcula que en 1975 los barcos pesqueros que atracaron en Guyana arrojaron al mar cerca de 80.000 toneladas de esta pesca. Para evitar este desperdicio de proteína y sus riesgos concomitantes, el gobierno de Guyana pasó una Ley que exige descargar en tierra firme una cantidad significativa de esta pesca. Para aprovechar de la mejor manera esta pesca, el gobierno dirige un proyecto diseñado para evaluar la cantidad de las especies principales que vienen entre la pesca acompañante de diferentes estaciones y regiones oceánicas, separar este pescado por categorías, desarrollar tecnologías para producir pescado deshuesado, molido, salado y ahumado de bajo costo, y desarrollar productos mas costosos para la venta al detal y las industrias hotelera y alimenticia. Algunos de estos objetivos ya se han logrado y de ellos se informa en varias publicaciones del CIID. Durante 1978 se distribuyeron a los mercados rurales y urbanos de Guyana los siguientes

productos de la pesca acompañante: 1200 toneladas de pescado fresco; unas 100 de filetes de pescado; 30 de pescado salado; 27 de pescado ahumado y 10 de pescado encurtido. Otros productos elaborados en la planta piloto incluyen salchichas, gelatina y bloques de pescado fresco molido y congelado. La estabilidad y aceptabilidad de cada producto entre los consumidores es determinada por el personal y los estudiantes de la Escuela Carnegie de Economía del Hogar quienes han recomendado también los condimentos apropiados y otras modificaciones para elevar su aceptabilidad. Estimulada por las restricciones oficiales a la importación de productos de pescado, y en razón de las limitadas instalaciones de procesamiento, la demanda por productos de la pesca acompañante es creciente pero se ve insatisfecha. La evaluación actual de las instalaciones de comercialización y distribución disponibles y necesarias para satisfacer la demanda sirve de preparación para una mayor comercialización de las tecnologías de la pesca acompañante. (El proyecto es el tema del documental del CIID titulado: Pesca colateral . . . un regalo del mar).

Secado y Almacenamiento

En Perú, los tecnólogos de la Universidad Nacional Agraria estudian la preservación del pescado marino local, incluyendo sardina grande y caballa, mediante sistemas mejorados de salado y secado. El secador de pescado desarrollado en Filipinas está siendo ajustado de manera que se puedan emplear varios desechos agrícolas locales como combustible. Se está estudiando también un colector solar como fuente de calor para el secador.

También en Perú, el departamento de tecnología alimentaria de la Universidad Nacional, en colaboración con los habitantes rurales de los altos Andes, estudia los métodos tradicionales de producir papa seca con los cuales el excedente de la cosecha se preserva mediante secado al sol. Con la tecnología tradicional resulta un producto altamente variable en su composición y frecuentemente poco higiénico. Los tecnólogos de alimentos, en cooperación con una comunidad agrícola en el alto valle de Muquiyauyo, tratan de normalizar el procedimiento para la deshidratación de la papa mediante métodos mas eficientes y uniformes de clasificación, lavado, pelado, corte, secado, empaque y almacenamiento. Se compara la eficiencia técnica y económica de cuatro sistemas de secamiento: un sistema controlado de secado solar directo; uno mecánico de aire caliente a distintas temperaturas y velocidades de aire; uno solar indirecto con viento y corrientes de convección; uno solar indirecto con movimiento mecánico de aire. La investigación de campo está complementada con pruebas controladas de laboratorio y con evaluaciones. Si el proyecto tiene éxito, aumentará el suministro y la calidad nutricional de la papa seca, tanto para consumo local como para venta en los mercados vecinos.

Entre las leguminosas cultivadas en América Latina se presenta gran variedad de composición nutricional, digestibilidad y calidad general. En el INCAP, los científicos estudian los efectos de las diferencias genotípicas y ambientales y de los métodos agronómicos sobre la calidad nutricional, las propiedades de cocción y la aceptabilidad de varias especies de *Phaseolus*, *Vigna* y *Cajanus* con el fin de identificar las características físicas y bioquímicas cuantificables relacionadas con estas cualidades. De igual interés son los



El secador solar empleado para secar la papa en Perú.

cambios que se presentan en la calidad durante el período de almacenamiento (incluyendo el "endurecimiento" y el aumento en el tiempo de cocción). Al analizar más de 400 cultivares, se encontraron variaciones importantes en peso de la semilla, absorción del agua (antes y después del almacenamiento), dureza de la semilla y proporción y grado de adhesión de la cubierta de la semilla y contenido de proteína. La digestibilidad de la proteína era menor en los frijoles de color habano-rojo-negro que en los de color blanco y los análisis efectuados sugieren que esto puede ser ocasionado por taninos polifenólicos. La menor digestibilidad de los tipos pigmentados fue demostrada en humanos y en animales de laboratorio y de granja.

Por muchos siglos, los habitantes de los Andes han cultivado y consumido varias especies de lupino. Como toda leguminosa, el lupino fija el nitrógeno atmosférico, las semillas contienen aproximadamente un 40% de proteína (con base en peso seco) y se puede cultivar en tierras marginales relativamente altas. El proyecto de cultivos andinos, ya descrito, desarrolla sistemas para el cultivo mixto de lupino con cereales y otros granos.

Para incrementar el contenido proteico de las dietas locales, especialmente en los alimentos formulados para bebés destetados e infantes, Chile y otros países de América Latina importan cantidades considerables de soya y de sus derivados. Los científicos del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (INTEC) de Santiago, demuestran con sus estudios que la soya impor-

tada y sus derivados pueden reemplazarse con semillas procesadas de lupino, lo cual constituye de sí un objetivo bien deseable ya que más del 75% de los lupinos chilenos es cultivado por los indios Mapuche, uno de los grupos mas pobres de la población. Aunque escasas 1500 hectáreas de la región Mapuche están sembradas con lupinos, los cálculos conservadores consideran que hay 40.000 hectáreas apropiadas para su cultivo.

Algunos tipos de lupino contienen un alcaloide tóxico, no obstante el riesgo puede reducirse o eliminarse mediante mejoramiento o tecnologías de procesamiento. El proyecto ya ha desarrollado los siguientes tipos de productos con lupino: lupino descascarado, harina de lupino con grasa y desgrasada, proteína texturizada de lupino, y concentrado de proteína de lupino. El lupino contiene una proporción de enzimas prooxidantes menor que la soya, por tanto, los productos de lupino con grasa completa parecen poseer mejores propiedades de almacenamiento. Los cálculos de la demanda, con base en las extrapolaciones de crecimiento de las importaciones actuales de soya, señalan un gran mercado futuro para las semillas procesadas de lupino en alimentos cereales enriquecidos con proteína, substitutos lácteos para escolares y preescolares, y alimentos para bebés distribuidos bajo el programa oficial de mejoramiento nutricional. Para esta último fin, la harina de lupino se combina y se procesa con trigo, avena y otras harinas de grano. Se ha desarrollado un análogo de la leche en polvo que será fabricado y distribuido por la industria de lácteos. Se han hecho arreglos con una empresa lechera del sur chileno para procesar y distribuir los análogos de la leche y las mezclas lácteas para las pruebas de gran escala de su aceptación entre los consumidores. La experiencia lograda en los ya mencionados proyectos de molienda desarrollados en Africa ha sido de gran utilidad en el desarrollo de métodos abrasivos para descascarar las semillas del lupino.

Ya hemos hablado de los excedentes de pulpa de café en América Latina. En aquellas regiones donde no resulta aconsejable, desde el punto de vista logístico y económico, la utilización de esta pulpa en alimentos animales, puede ser factible mediante fermentación anaeróbica, convertir la pulpa en metano u otros gases que sirvan de combustible a los secadores del grano de café. El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) estudia esta posibilidad, especialmente con miras a beneficiar a los pequeños cafeteros que no pueden costear los secadores comerciales de café de más de Can\$20.000 dólares. El ICAITI está adaptando para este efecto el secador plano de arroz descrito bajo el programa postcosecha en Asia alimentado con biogas producido por la fermentación de la pulpa de café mezclada con otros materiales orgánicos. El objetivo es lograr un secador de bajo costo con una capacidad hasta de 500 toneladas al año. Un secador plano modificado está en prueba en un beneficio de café en Solola, a cierta distancia de Ciudad de Guatemala, donde el biogas de la pulpa de café es comparado con un quemador que funciona con leña y diesel. Los resultados iniciales indican que el biogas metano se produce con mayor eficiencia a partir de pulpa de café con abono.

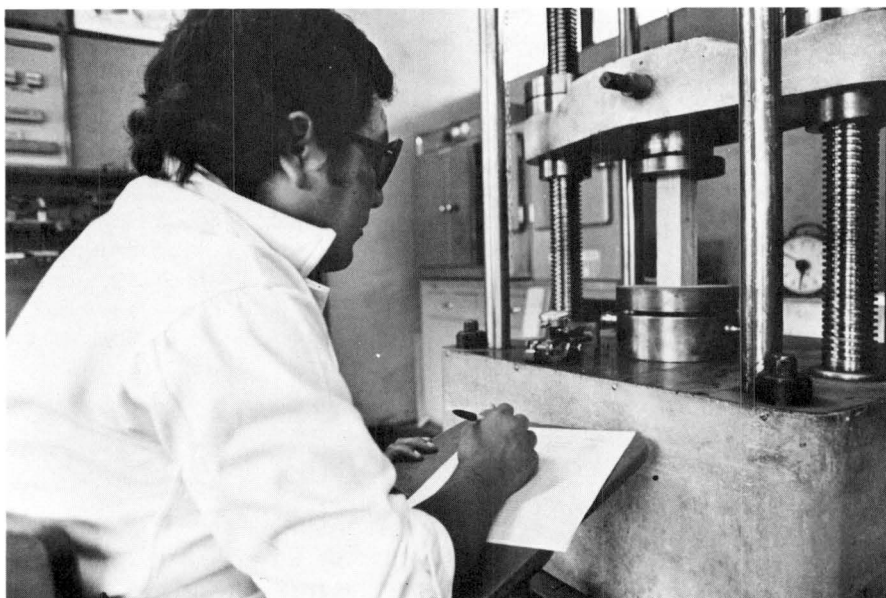
La Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB) promueve la investigación, el desarrollo, el mercadeo y la distribución del banano a nombre de sus seis países miembros, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá y República Dominicana, los cuales producen en conjunto más de la

mitad del mercado mundial del banano. La mayor parte de la cosecha de banano es transportada y consumida como fruta fresca sin procesar. Por distintas razones, mucho del banano que desde un punto de vista nutricional es aceptable, se clasifica como inadecuado para la exportación en cantidades mayores de las que se pueden consumir a nivel local como fruta fresca. Existe la clara necesidad de desarrollar sistemas económicos de procesamiento para convertir la fruta de baja calidad en alimentos aceptables. Institutos de investigación de Guatemala y Costa Rica trabajan en forma conjunta para desarrollar una tecnología cercana al lugar de producción, que convierta el banano en un puré estable que se pueda vender a los procesadores secundarios como ingrediente para toda una variedad de alimentos. El proyecto está a cargo de tecnólogos de alimentos y de economistas especializados en producción y mercadeo.

Investigación sobre Silvicultura

En comparación con otros continentes, los bosques tropicales húmedos de América Latina son los mas heterogéneos en especies; en ellos hay relativamente poca cantidad de una misma especie por unidad de área de bosque. De las más de 650 especies identificadas botánicamente en la subregión andina, apenas unas 50 son utilizadas comercialmente y menos de seis cosechadas en una sola zona de manera permanente y exportadas como madera ornamental. Gran parte del bosque circundante se destruye o daña seriamente con las operaciones de extracción y el beneficio económico que se deriva de las especies no exportables es muy limitado.

En un proyecto coordinado a través de la Junta del Acuerdo de Cartagena, seis institutos de investigación forestal en cinco países, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, llevaron a cabo un extenso estudio sobre disponibilidad y propiedades de las especies madereras secundarias presentes en cantidades considerables no utilizadas. Los seis institutos examinaron más de 100 especies, asignándose importancia prioritaria a las propiedades físicas y mecánicas que determinan la forma en que se puede usar una madera para fines estructurales e industriales. A partir de la información obtenida, analizada y clasificada, los científicos del proyecto publicaron un sistema de clasificación de la madera estructural, directamente relacionado con las especies nativas y el diseño de las estructuras de madera en los países del Pacto Andino. El proyecto determinó las condiciones y normas para el secado al horno, los métodos estadísticamente confiables para el muestreo pre-ensayo, y prescribió el diseño de las partes estructurales, las uniones y otros componentes para determinados fines. En todos los países del Pacto Andino se prefiere el ladrillo, el acero y el cemento, en vez de la madera, para la construcción de viviendas y otras edificaciones. Pero, a medida que los costos de estos materiales suben, las maderas locales resultan mas atractivas económicamente. A partir de los resultados obtenidos, se han diseñado y construido varias viviendas prototipo, las cuales han probado ser resistentes a los movimientos sísmicos producidos por simuladores de terremotos. Varias publicaciones descriptivas han sido recopiladas y distribuidas para información y guía de arquitectos, constructores y comerciantes en madera.



Prueba de las propiedades de las maderas tropicales.

Con base en la experiencia del proyecto del Pacto Andino, científicos mexicanos desarrollan un sistema de clasificación de las maderas de pino locales con miras a ampliar su empleo estructural en la construcción.

En Perú y en Bolivia se auspician dos proyectos relacionados de forestación. Mediante la selección de especies y la introducción de métodos mejorados de silvicultura, cada proyecto aspira a establecer plantaciones forestales rurales en el altiplano andino a alturas nunca antes consideradas por los silvicultores. Se seleccionarán especies que sean resistentes a las condiciones adversas que predominan en la zona que se puedan integrar con cultivos y pasturas a las que al mismo tiempo protejan, y que puedan suministrar madera para combustible, construcción, y forraje. La especie leguminosa *Prosopis* es de particular interés para el alimento animal. En ambos países las plantaciones estratégicas de especies arbóreas seleccionadas conservarán el suelo en las laderas de las colinas y evitarán la erosión. Además de la demanda social en las zonas rurales, la industria minera de Bolivia necesita más de 50.000 toneladas de carbón vegetal al año para la fundición de mineral de hierro.

En la Universidad del Valle, en Guatemala, se investiga la biología y el patrón de distribución de las especies *Dendroctonus* de escarabajos. Estos insectos atacan y devastan las especies de pino no resistentes. Al conocer mejor la biología y ciclo vital de este escarabajo, será posible introducir sistemas de control biológico. Ya se han identificado algunos probables parásitos.

Canadá y Países Desarrollados

Casi todo programa de investigación aplicada saca a luz problemas difíciles que exigen mas investigaciones básicas. Aproximadamente 10% de los proyectos y 5% de las asignaciones presupuestales de los últimos diez años se han invertido en la capacidad científica y técnica canadiense que se dedica a buscarle soluciones a las dificultades encontradas en las investigaciones apoyadas en los países en desarrollo y en los IARCs (Cuadro 6). Dos de las inversiones mas cuantiosas fueron esfuerzos conjuntos de la ACIDI y el CIID destinadas a estudios complementarios a las investigaciones sobre yuca y tritical realizadas en el CIAT y en el CIMMYT respectivamente. La mayor parte de los resultados significativos logrados en Canadá ya han sido publicados. En esta sección solo haremos una breve reseña de ellos.

La mayor inversión a la investigación en Canadá se asignó a los proyectos de yuca y tritical ya mencionados. A partir de 1972, más de Can\$800.000 provenientes de la ACIDI y el CIID se invirtieron en cerca de 25 proyectos de yuca. Uno de los primeros fue el realizado por economistas agrícolas en Guelph quienes, en un estudio de 18 meses, proyectaron la demanda futura y las posibilidades de comercialización de la yuca como alimento humano, alimento animal y almidón industrial. En 1973, el comercio mundial total de hojuelas y gránulos de yuca ascendía a unos 100 millones de dólares; el grupo de Guelph calculó para 1980 una exportación cercana a los 500 millones y un total de aproximadamente 6 millones de toneladas para 1985.

En realidad, en 1979-80 el comercio de la yuca en hojuelas y gránulos de Asia a los países de la CEE se acercó a los \$600 millones. Las exportaciones a los países de la CEE alcanzaron la cifra nunca vista de 5,8 millones de toneladas en 1979. Por convenio, las exportaciones de yuca en las formas descritas de Tailandia a la CEE estarán restringidas a un máximo de 6 millones de toneladas. El estudio de mercadeo destacó también la falta de información adecuada sobre la economía de producción de la yuca. En consecuencia, el CIID financió pequeños estudios en Brasil, Ecuador, India, Jamaica y Tailandia que permitieron un análisis transversal de la economía de producción en estos países.

También en Guelph, fisiólogos vegetales examinaron la influencia del medio ambiente en la fotosíntesis y en los patrones de crecimiento de la yuca, así como las diferencias entre especies y variedades en la eficiencia fotosintética. Se pudo mostrar que, si bien la yuca no es muy eficiente en esta conversión, produce buenos rendimientos debido a la alta proporción utilizable de la planta y al largo período de crecimiento durante el cual se produce la transferencia del fotosintato a las raíces.

La yuca sufre de varias enfermedades, las mas serias de las cuales son el añublo bacterial y el mosaico de la hoja causado por virus o micoplasma.

Cuadro 6. Total de apropiaciones y número de proyectos en Canadá y países desarrollados.

País	Cultivos y sistemas de cultivo		Pesquería		Ciencias Animales		Silvicultura		Sistemas postproducción	
	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropiaciones (\$ '000)	No. de proyectos
Canadá	1913,2 (65%)	13 (42%)	237,6 (8%)	3 (10%)	541,2 (18%)	6 (20%)	15 (1%)	1 (3%)	235 (8%)	8 (25%)
Reino Unido ^a	399,6 (100%)	6 (100%)								
Estados Unidos ^b	1423,8 (100%)	4 (100%)								

^aReglamentos fitosanitarios impiden la investigación sobre *Striga* en Canadá.

^bAunque la sede de la organización involucrada estaba en EE.UU., la investigación se emprendió en América Latina.



Extendiendo las hojuelas de yuca para secado por sol cerca de Khon Kaen, Tailandia.

Estas enfermedades se pueden transmitir de un país a otro con el movimiento de material infectado, problema que inhibe seriamente la transferencia de germoplasma. En el Laboratorio Regional de Praderas (PRL) en Saskatoon, Canadá, se desarrolló una técnica de cultivo de tejidos para propagar materiales libres de síntomas a partir de plantas infectadas con mosaico. Los científicos del PRL produjeron nuevas plantas mediante el cultivo del tejido somático del meristema terminal recién germinado de una planta enferma. El tejido se cultiva en un medio nutriente hasta que produce un retoño y una raíz, forma en la cual ya puede ser transplantado. La pequeña planta se transfiere posteriormente a un medio hidropónico en el cual se genera más crecimiento. La técnica del cultivo de tejidos hace posible la generación de muchas plantas nuevas a partir de un solo padre y ofrece buenas perspectivas para una futura hibridación mediante la fusión del protoplasto.

En Guelph se realizaron varios estudios para obtener mayores conocimientos sobre el significado dietético, el metabolismo y el efecto sobre los tejidos de las ratas de las dosis orales de linamarina, el glucósido cianogénico tóxico presente en la raíz de la yuca que, una vez hidrolizado, libera ácido hidrocianico. Tradicionalmente, la linamarina se remueve mediante inmersiones en agua o fermentación previa a la cocción en un recipiente abierto cuando el vapor del ácido hidrocianico se destila. Uno de los objetivos del estudio de Guelph era averiguar qué sucedía con la linamarina cuando se

ingería antes de la hidrólisis. Los resultados de este estudio y de otros relacionados, auspiciados por la División de Ciencias de la Salud, son la base de dos publicaciones del CIID (IDRC-010e y 136e). Otros estudios realizados en Canadá analizaron los efectos de los micronutrientes del suelo y la posibilidad de establecer una clasificación quimiotaxonómica basada en las diferencias fenólicas en las plantas de yuca.

Otro proyecto realizado en Guelph dió origen a uno de los experimentos mas interesantes y productivos en enriquecimiento proteínico microbioal del almidón, en el cual se estudiaron muchos organismos de los suelos tropicales con el fin de encontrar uno o más capaces de hidrolizar y de fermentar el almidón de la yuca en un solo paso para generar un alto nivel de proteína.

Después de analizar cientos de microorganismos de los suelos tropicales, se encontraron algunos pocos que parecían satisfacer los objetivos propuestos. Uno en particular, el *Aspergillus fumigatus*, puede hidrolizar y fermentar la yuca en presencia de nitrógeno inorgánico a temperaturas entre 35° y 45°C, e incrementar el contenido de proteína cruda, con base en peso seco, a cerca del 35%. Como su crecimiento óptimo se produce a un pH 3,5, encuentra poca competencia de otros microorganismos. La ventaja de un organismo como este sobre la levadura, por ejemplo, consiste en que en los países tropicales ésta, como otros organismos temperados, requiere refrigeración mecánica para mantener el medio de fermento a temperaturas óptimas. En el trópico, la temperatura del agua subterránea rara vez es suficientemente baja como para enfriar un fermentador de levadura al óptimo de 25°C.

Debido a la remota posibilidad de que el *Aspergillus fumigatus* pueda formar aerosoles y causar problemas a la relativamente pequeña parte de la humanidad susceptible a la aspergillosis, se analizan otros organismos, incluyendo el *Cephalosporium eichhorniae*, cuyo crecimiento está limitado a una variación de temperatura y de pH tan estrecha que sería improbable su crecimiento dentro del cuerpo humano. Esta investigación continúa con el objetivo de tratar de establecer, en uno o más países productores de yuca, un fermentador de tamaño adecuado para enriquecer la yuca y otros carbohidratos abundantes, con proteína microbiana a un nivel adecuado para alimentar animales de granja.

La mayor parte del trabajo sobre tritcal se realizó en la Universidad de Manitoba donde, además de un programa de mejoramiento genético desarrollado en cooperación con el CIMMYT, los científicos de la Universidad estudiaron las influencias bioquímicas y citogenéticas sobre el desarrollo de la semilla y la fertilidad de la planta. Con avanzadas técnicas de cultivo de embriones en que se inducía la duplicación de los cromosomas mediante tratamiento con colchicina, un extracto del azafrán, se generaron centenares de nuevos anfigpoides a partir de trigo y centeno padres con diferentes antecedentes genéticos. Estos incluían hexaploides (de trigos duros) y octaploides (de trigos paneros). Los anfigpoides de Manitoba incluían combinaciones de hexaploides-hexaploides y de octaploides-octaploides.

Las investigaciones tempranas del CIMMYT y Manitoba se concentraron en triticales de primavera. En muchos países menos desarrollados,

especialmente aquellos donde podría sembrarse tritical a alturas elevadas, habrá mayor necesidad de triticales de invierno que se siembran en el otoño, pasan el invierno como plántula y maduran en el verano siguiente. La Universidad de Guelph se presta climáticamente muy bien al desarrollo de triticales de invierno, aspecto en que ha logrado notables progresos. A partir de cientos de líneas seleccionadas y cruzadas, el programa de Guelph ha creado muchas especies útiles de tritical provenientes de padres de invierno-invierno e invierno-primavera. El rendimiento y la calidad de las semillas se acercan a las metas propuestas para los trigos de invierno. Los triticales de invierno han mostrado poseer características de crecimiento y de resistencia a las enfermedades superiores a las del trigo, en condiciones que serían desfavorables a la producción del trigo.

Cuando comenzó el programa tritical, los primeros triticales se caracterizaban por tener granos arrugados y haber heredado baja fertilidad. Ambos defectos han sido ya superados en buena parte y ahora que el grano ha sido aceptado en Norteamérica, se espera que su aceptabilidad en los países en desarrollo que presentan agroclimas adversos al cultivo del trigo, pero favorables al tritical, se vea incrementada y estimule su mayor adopción como alimento humano que se puede cultivar en las tierras marginales no aptas para otros cereales mas conocidos.

Otros proyectos sobre cultivos en Canadá incluyen dos estudios encaminados a lograr mayores conocimientos sobre los mecanismos bioquímicos y fisiológicos que le confieren al sorgo mayor tolerancia a las sequías conti-



Tritical en crecimiento en una granja de investigación cerca de Winnipeg, Manitoba.

nuas o intermitentes. En la Universidad Laval, en colaboración con el proyecto de mejoramiento del sorgo de Senegal, se emplearon diversas técnicas de laboratorio simuladoras de sequía en las cámaras de crecimiento con el objeto de identificar los cultivares de sorgo con mayor tolerancia. En la Universidad de Saskatchewan, conjuntamente con el ICRISAT, se ha avanzado en la identificación de las hormonas que parecen controlar la tolerancia a la sequía en el sorgo. Una novedosa técnica analítica que se basa en la cromatografía líquida de alto desempeño permite la determinación simultánea de los niveles del nanograma de las auxinas, citocininas y abscisinas. El método analítico, rápido y confiable, ha sido automatizado para permitir análisis durante las 24 horas. Monitores sensibles de detección que funcionan con base en la absorción y fluorescencia UV ofrecen la exactitud requerida.

Este proyecto, supervisado por un equipo de autoridades mundiales, promete suministrar a los fitomejoradores índices bioquímicos precisos con base en los cuales se podrán seleccionar los tipos mas tolerantes a la sequía a partir de generaciones tempranas de materiales de reproducción del sorgo.

En el ICRISAT se llevan a cabo análisis de hormonas en diferentes etapas del crecimiento de diez cultivares. Aunque se necesita el ciclo analítico completo antes de extraer resultados concluyentes, ya van apareciendo asociaciones entre los niveles hormonales y los índices de resistencia a la sequía y se registran diferencias notables en el contenido de ácido abscísico entre los cultivares bajo condiciones de presión y las plantas de control.

En Saskatoon el alto potencial de agua de las hojas es asociado con los niveles de ácido abscísico, y bajo condiciones de sequía aumentan los niveles de los ácidos abscísico y faséico mientras disminuyen los niveles de citocinina y de la auxina 3-indoleacética. El ácido abscísico inhibe el crecimiento mientras que las citocininas y las auxinas lo estimulan, el primero por medio de la división celular, el segundo por medio de la expansión y el alargamiento de las células.

En la Universidad de Manitoba un estudio ha comenzado a identificar las fuentes de germoplasma de *Vicia faba* resistente al añublo *Ascochyta*, para definir el rango de variación del patógeno y para estudiar la naturaleza y herencia de la resistencia. Este proyecto se realiza en cooperación con la red de mejoramiento de leguminosas en ICARDA y en los países del Medio Oriente.

En la Universidad de Columbia Británica un estudiante de grado filipino ha investigado las exudaciones químicas de ciertas leguminosas tropicales que pueden ser los posibles inhibidores del crecimiento de otros cultivos en los sistemas de cultivo múltiple. Este tema de las interacciones alelopáticas planta-planta es altamente complejo y merece mayor atención por parte de los bioquímicos y fisiólogos vegetales.

En la Universidad de Guelph, en colaboración con los proyectos sobre enfermedades animales de Africa Oriental, se han adquirido extensos conocimientos sobre la caracterización de la anemia producida por las infecciones de los tripanosomas en el ganado y sobre el mecanismo de las respuestas inmunológicas a estas infecciones. Se encontró que la anemia característica podía atribuirse principalmente a un incremento significativo

en la tasa de destrucción de los glóbulos rojos causada por una fijación en la superficie de las células proveniente de combinaciones antígeno-anticuerpo. Los resultados señalan la posible dificultad de producir una vacuna a partir de tripanosomas vivos o muertos.

Los notables avances logrados en el programa de desove inducido en las especies cultivadas de peces se deben a un proyecto ejecutado por la Universidad de Columbia Británica, la Fundación Investigativa de Columbia Británica, la Junta de Investigaciones Piscícolas de Canadá y una empresa enlatadora de salmón de la costa occidental de Canadá. Del salmón enviado a la fábrica de conservas se extrajeron grandes cantidades de pituitarias, y usando modificaciones de técnicas desarrolladas en Canadá, se produjeron y preservaron extractos de gonadotropina de diversas concentraciones. Se recogió la información sobre rendimientos, eficiencia de extracción y costos del proceso. Los extractos fueron enviados a varios de los proyectos ya descritos sobre cultivo de peces en Asia y suministraron los primeros materiales para inducir el desove de las hembras grávidas en cautiverio. Los extractos suministraron también las normas para comparar los extractos de gonadotropina de otras especies recogidas en los países tropicales.

En la Universidad de Victoria, los exámenes bioquímicos y microscópicos de la microflora intestinal de dos especies de carpa proporcionaron información interesante sobre los mecanismos de digestión y las técnicas para determinar el requerimiento nutricional.

En la sección sobre postcosecha ya nos hemos referido a la cooperación entre el PRL en Saskatchewan y varios proyectos en África para el desarrollo de sistemas mas eficientes de molienda abrasiva del sorgo, el mijo y varias leguminosas tropicales. En un estudio relacionado se aisló y caracterizó químicamente, por primera vez, el tanino polifenólico presente en la cobertura de las semillas del sorgo pigmentado. La sustancia fue identificada como un polímero procianidino típico de una familia de compuestos que se encuentra en las plantas de crecimiento leñoso. Además del efecto benéfico de incrementar la resistencia del sorgo a los ataques de las aves, el moho y varios insectos, el polifenol tiene el efecto adverso de reducir la digestibilidad total y la de la proteína. En el PRL se continúa con la investigación en un intento por desarrollar métodos abrasivos para remover las capas externas de la semilla de sorgo ricas en polifenoles, dejando intacta la parte relativamente nutritiva para su posterior trituration.

La Universidad de Saskatchewan ha colaborado con varios de los proyectos africanos en el examen y la comparación sistemáticos de la composición y las propiedades de varias harinas de cereales y leguminosas y sus productos mediante: métodos caseros tradicionales, procesos rurales de molienda mecánica, condiciones controladas de laboratorio.

Con la gran cantidad de datos recogidos y analizados se arrojó nueva luz sobre las propiedades de las harinas de cereales y leguminosas esenciales para lograr la aceptación de los consumidores. En general, se demostró que los sistemas mecanizados apropiados para las industrias rurales eran capaces de producir harinas de tanta aceptación como las producidas mediante la molienda manual tradicional. Los estudios incluyeron harinas

compuestas de cereales mixtos y de leguminosas que son utilizadas en la elaboración de pan, pastas y bocadillos.

Como se ha dicho antes, la División ha ayudado a echar las bases para las empresas rurales de molinos de grano en varios países de África y Asia. Es igualmente importante la aceptación cada vez mas amplia de las recomendaciones de CAAN en el sentido de que se debe prestar mayor atención a los factores de calidad que influyen en la utilización y aceptabilidad de los productos. Como es inconveniente y sin duda costoso realizar pruebas de calidad de molienda a gran escala, el PRL ha desarrollado una pequeña unidad de laboratorio, conocida como el mecanismo de descascamiento abrasivo tangencial (TADD) que determinará simultáneamente la respuesta al descortezamiento abrasivo de ocho pequeñas muestras diferentes (de 5 a 10 kg) de granos cereales como el sorgo. El TADD tiene dos índices para medir la calidad de la molienda: el índice de dureza abrasiva — el tiempo en segundos para remover la corteza externa, y la tasa de extracción con base en una medida de la reflexión del color de la harina. Las unidades de TADD han sido enviadas a varios proyectos de molienda y calidad del grano, y los resultados de la pruebas comparativas serán reunidos y analizados en el PRL.

Por varios años se ha sabido que el método tradicional de larga fermentación para producir pan del tipo consumido en occidente, se puede reemplazar por un método mecánico, mediante la mezcla a alta velocidad o intensiva. Se sabe también que el método mecánico permite el uso de harinas de trigo considerablemente mas débiles que contienen proporciones de proteína fuerte por debajo de lo normal. En la Universidad de Manitoba esto se utilizó para desarrollar un sistema mecánico de panificación en que se puede incorporar a la harina de trigo hasta un 30% de harina de sorgo, de maíz o de cualquier otro cereal que no forme gluten, y la masa del pan se prepara doblándola repetidamente y extendiéndola mediante rodillos rotatorios. Esta técnica es la base para elaborar pan de harina de trigo diluida con harina de sorgo en el molino de Maiduguri que será ensayada en otros países que importan cantidades apreciables de trigo para la industria panificadora.

Capacitación

Se puede argumentar que la investigación y el desarrollo, junto con toda la actividad intelectual, representa nuevos conocimientos e ideas para aquellos involucrados. Visto así, el programa general de CAAN puede considerarse como una actividad de aprendizaje o capacitación. Sin embargo, dentro de este programa hay incorporado un componente considerable de capacitación; más del 60% de los proyectos de la División incluyen la capacitación formal (a nivel de grado) o a corto plazo. El tipo de capacitación y el número de participantes financiados por el CIID en proyectos de la División durante esta década aparecen en el Cuadro 7.

Todo el adiestramiento financiado con presupuesto de CAAN ha sido parte de proyectos en curso donde las materias estudiadas y la capacitación investigativa que se recibe están directamente relacionadas con los objetivos

del proyecto. Además, numerosos estudiantes, particularmente en preparación de tesis, han trabajado en muchos de los proyectos y su financiación ha provenido de la contribución que los países participantes aportan a los proyectos auspiciados por el CIID. En la medida de lo posible, cada proyecto ha tenido capacitación a nivel de grado y los jóvenes científicos utilizan los resultados del proyecto en sus tesis. En los casos en que en el país de origen de los estudiantes no se cuenta con instalaciones universitarias o estas son inadecuadas, la capacitación a nivel de grado se suministra en otro país en desarrollo, en Canadá o en otro país desarrollado.

Dentro de la modalidad de capacitación en “otro país en desarrollo” vale la pena mencionar la de los estudiantes de proyectos sobre mijos menores y oleaginosas de Bangladesh que adelantan estudios de doctorado en universidades de India, cada uno sobre una variedad diferente de los mencionados cultivos; las universidades de El Líbano y Egipto donde estudian jóvenes de otros países del Medio Oriente; y la Universidad de Filipinas (UPLB) que ha capacitado a estudiantes de varios países de Asia y África en sistemas de cultivo. De especial interés son los trabajos de tesis relacionadas que se llevan a cabo en la UPLB donde estudiantes de maestría de varios países emplean los datos científicos derivados de diferentes aspectos disciplinarios de la investigación sobre sistemas de cultivo en las mismas áreas rurales. Las disciplinas académicas abarcan desde el fitomejoramiento y las ciencias agronómicas hasta las ciencias sociales con lo cual se inculca a los estudiantes un espíritu de cooperación e interdependencia mutua.

En lo posible, la capacitación ofrecida en Canadá ha consistido en cursos formales de conferencias y estudios teóricos; la investigación práctica para las tesis se lleva a cabo en el país o región del estudiante. Son de interés los programas cooperativos de capacitación establecidos entre los proyectos de mejoramiento y postcosecha del sorgo en Senegal y la Universidad Laval, entre los proyectos sobre enfermedades animales de África Oriental y la Universidad de Guelph.

El adiestramiento no conducente a grados superiores tiene muchas formas, incluyendo cursillos intensivos y visitas a uno o más institutos de investigación para aprender técnicas determinadas. Casi el 20% de los estudiantes participaron en cursos intensivos en los IARCs. Ya nos hemos referido al éxito de los programas de entrenamiento en leguminosas del ICARDA, en sistemas de cultivo del IRRI y en yuca del CIAT. En todos los sectores cubiertos por el programa de la División se ha provisto entrenamiento corto en una variedad tan amplia de técnicas y temas que resulta demasiado numerosa de discutir. También se ha impartido capacitación a

Cuadro 7. Tipo de capacitación y número de capacitados en los proyectos de CAAN.

Tipo de capacitación	No.	%
Diploma	91	8
Licenciatura (BA/BSc)	11	1
Maestría	308	28
Doctorado	56	5
Cursillos y giras de estudio	513	46
En el trabajo	132	12

través de consultores visitantes y talleres de trabajo. Por ejemplo, el grupo de pesquería ha realizado talleres sobre cultivo en jaulas y cultivo de bivalvos, la red africana de silvicultura en técnicas silvícolas, y el grupo de postcosecha en investigación de operaciones, calidad del cereal y las leguminosas y molienda de granos. Algunos de estos talleres de trabajo han sido a nivel nacional, con el apoyo de un solo proyecto, otros han sido regionales, y otros intercontinentales.

Algunos pocos proyectos, incluyendo el de polifenoles del sorgo y cultivo de tejidos, han empleado estudiantes de postdoctorado, básicamente como capacitandos de nivel avanzado que no lo aprenden si no aplican nuevas y complejas técnicas en la solución de determinados problemas. Buena parte de la capacitación pre-proyecto proviene del Programa de Becas del CIID.

Un tipo de capacitación que no ha recibido la atención que merece es la administración de investigaciones, incluyendo la identificación de programas y proyectos, la planificación, la evaluación y la asignación de recursos. En la sección dedicada a lo que hemos aprendido se discute este tópico pormenorizadamente.

En resumen, la capacitación investigativa ha representado una proporción apreciable del programa de CAAN. Aun cuando las cifras del Cuadro 7 puedan sugerir categorías identificables y discretas, se ha mantenido un alto grado de flexibilidad con el principio básico de ofrecer la forma de capacitación mas apropiada y conveniente a los objetivos de cada proyecto y a las necesidades de cada capacitando.

Publicaciones

En el Apéndice 3 aparece una relación de los autores y títulos de todas las publicaciones generadas por la División a lo largo de estos diez años. Algunas son las memorias de talleres de trabajo, otras se relacionan con uno o más proyectos, o son reseñas sobre el estado actual de una disciplina. En el Apéndice 4 aparecen otras publicaciones del personal de la División en ésta década.

Algunas de las publicaciones del CIID están ya agotadas, pero todas se encuentran disponibles en microficha. Las copias de estas publicaciones así como de las películas sobre temas relacionados, se consiguen en la División de Comunicaciones del CIID, cuyo personal prestó valiosa asesoría y ayuda en su preparación.

Capítulo 3



Lo Que Hemos Aprendido

Hemos titulado este Informe *Una Década de Aprendizaje*. La sección anterior destaca lo que se aprendió a través de la investigación, en algunos casos de excepcional calidad y logros, llevada a cabo por muchos científicos de los países en desarrollo. Igualmente importante se consideró incluir en este informe lo que el personal de CAAN ha aprendido durante su manejo de la División. Se pidió a cada miembro del personal responder a la pregunta “¿Qué hemos aprendido?”. La siguiente es la esencia de las respuestas.

El material aquí presentado fue compilado por el Director quien asume toda la responsabilidad por la interpretación final. Pero, faltaríamos a la verdad si sugiriéramos que hubo unanimidad de criterios y de posiciones sobre cada punto. En un programa de tanta diversidad como el descrito es difícil, y sería engañoso, presentar lo aprendido en estos diez años como una serie de amplias generalizaciones. Cada proyecto es diferente de los otros y como tal debe considerarse. No obstante, ciertas experiencias en estos diez años parecen tener importancia especial. Son éstas, junto con un cierto número de asuntos sin resolver, lo que se presenta en esta sección.

Filosofía y Método de Trabajo

El objetivo del programa de CAAN es fortalecer la capacidad científica de los países en desarrollo con la creencia de que cada nación requiere su propio sistema de investigación sobre agricultura y alimentos, a cargo de personal científico y técnico capaz de escoger entre los numerosos sistemas y tecnologías alternativos, aquellos mas pertinentes, apropiados y rápidamente adaptables a las necesidades y recursos de su país.

Las subvenciones de CAAN se destinan a proyectos específicos; rara vez se da apoyo a actividades indeterminadas. Este tipo escogido de ayuda exige una estructura institucional existente, a más de cierto personal capacitado, lo cual significa que construye a partir de los cimientos creados por otros. Por esta razón, un buen número de los proyectos se encuentra en países donde existe una pertinente competencia científica y unas organizaciones investigativas bien establecidas. En estos diez años, CAAN ha financiado 28 proyectos en Filipinas, 18 en Egipto, 17 en India, 14 en Colombia, 13 en Perú y 12 en Kenia. No obstante, la División CAAN ha mantenido su preocupación original por los pobres de las zonas rurales de los trópicos semiáridos, especialmente aquellos del Sahel, cuyos países se cuentan entre los menos desarrollados económica y científicamente. Cuatro países sahelianos han sido objeto de amplia ayuda en estos años: Senegal, con seis proyectos; Malí, con siete; Alto Volta, con cinco; y Níger con cuatro. A pesar de nuestro compromiso con los mas pobres de los pobres, hay países donde la falta de voluntad política e interés, combinada con una negligente capaci-

dad investigativa, militan en contra de que la División pueda ofrecer la ayuda que desearía.

No es costumbre de la División realizar exhaustivos estudios de factibilidad pre-proyecto, se atiende más bien a que los beneficiarios definan sus propias prioridades en materia de proyectos. A veces es necesario, particularmente con científicos jóvenes, moderar su entusiasmo con la realidad y asegurar, como políticos, que practiquen el arte de lo posible. Tratamos de evitar la tentación de caer en la nueva moda y abandonar lo básico y esencial por lo espectacular.

Creemos que investigación aplicada quiere decir investigación en beneficio del hombre. Por tanto, al preparar las propuestas de proyectos, CAAN recomienda a los jóvenes científicos del Tercer Mundo identificar a quiénes pretende beneficiar. Esto ha dado origen a la crítica de que la División espera demasiado de los científicos de los proyectos y que da un énfasis indebido a la identificación de aquellos a quienes beneficiará el proyecto en vez de contentarse con el avance científico en sí. Pese a ello, seguimos creyendo que el ingenio y la integridad científicos no tienen por qué estar reñidos con el servicio a las necesidades del hombre. Cuando así lo sienten, los científicos pueden ser brillantes y útiles.

En algunos países los organismos oficiales de investigación parecen estar más en la línea de los programas de desarrollo rural que las universidades, sin embargo la División no le ha dado preferencia consciente a las instituciones oficiales sobre las académicas; de más de 200 proyectos activos, 56% está a cargo de entidades oficiales y paraestatales, 32% de universidades y 12% de entidades de investigación internacionales y regionales.

En general, las investigaciones en las facultades de agricultura y silvicultura están más directamente relacionadas con las necesidades y el desarrollo rural que las de otras disciplinas, y muchos proyectos exhiben una colaboración directa entre los científicos universitarios y las comunidades rurales.

Donde quiera que la legislación y la motivación estimulan la cooperación con las comunidades rurales, el apoyo a la investigación universitaria sirve para combinar los logros técnicos con el desarrollo humano. Los proyectos en que los estudiantes de grado encaminan sus tesis hacia problemas reales de la comunidad rural, acrecientan las aptitudes técnicas y dirigen las mentes hacia el servicio público. Países como India, en donde la investigación académica se integra con los programas agrícolas nacionales, son un ejemplo digno de ser estudiado por otros países.

Una observación simplista podría sugerir que los proyectos financiados por CAAN caen en dos categorías: desarrollo tecnológico e investigación de sistemas. Sin embargo, una depende de la otra; las tecnologías biológicas están influidas y deben armonizar con los medios y los sistemas físicos, sociales y económicos en que van a aplicarse. Por consiguiente, la División opina que todas las tecnologías deben ser desarrolladas, o al menos modificadas y adaptadas, en el medio donde van a aplicarse.

El CIID, al igual que otros organismos donantes, debe conscientemente evitar imponer su criterio sobre prioridades tecnológicas a quienes brinda su

apoyo. El progreso lento e irregular, característico de la investigación sobre sistemas agrícolas tradicionales, es menos espectacular de leer en los anuarios que la descripción de una planta milagrosa o una tecnología revolucionaria. Aun así, muchos, particularmente los pobres, se muestran reacios a cultivar o consumir lo que les es desconocido; los países en desarrollo están inundados de aparatos y tecnologías transferidas que por una u otra razón resultaron inadecuadas o inaceptables. Hace poco un escritor egipcio escribió, refiriéndose a los programas de ayuda: "Como con toda venta, el vendedor está mas interesado en vender lo que él tiene que lo que necesita el comprador . . . No tiene sentido cazar moscas con escopeta por el hecho de que nuestros socios comerciales están ansiosos por vendernos munición . . . La tecnología solar adecuada para un país industrializado puede no ser la mejor para uno en desarrollo".

Muchos se preguntan por qué la División no invierte más en investigación sobre energía. Se puede decir que todos los fondos de CAAN apoyan la investigación en esta rama ya que, como lo expresara Lavoisier, todo cambio biológico resulta de la conversión química de una forma de energía en otra. La División parte de que la energía debe ser estudiada en relación con su aplicación; al igual que con la tecnología, ésta debe ser apropiada para su medio ambiente y su empleo. La gasolina suministra la energía motora para los pueblos privilegiados del mundo. La madera es la fuente de energía con la cual la mayoría de los habitantes del campo cocina sus alimentos y calienta sus viviendas, y su energía motora proviene principalmente de su propio trabajo y de sus animales de labranza.

Por tanto, el programa CAAN se concentra en la silvicultura social con el objeto de proveer árboles para combustible y para alimentación animal en las pequeñas granjas. En algunos proyectos se utiliza en forma eficiente la energía solar y los desechos agrícolas en la provisión de combustible para la deshidratación de alimentos y el secado de cosechas. En las comunidades rurales donde se necesita mecanización para complementar el trabajo humano, se seguirá estimulando la investigación tendiente a suministrar fuentes económicamente renovables de energía para la maquinaria agrícola; ya algunos proyectos están estudiando la fermentación de varios materiales orgánicos para producir gases combustibles. Parece probable que el estudio sobre demanda de energía rural en Egipto dará origen a propuestas para desarrollar energía renovable a partir de recursos locales. En algunos países, la conversión en gran escala de biomasa como las malezas acuáticas en energía combustible, presenta dificultades de tipo logístico y técnico. Las malezas acuáticas contienen generalmente menos de 10% de sólidos. Si crecen en zonas alejadas de las comunidades rurales, se gastará mas energía en la extracción del agua sobrante y en el transporte de la biomasa al lugar donde se necesita el combustible que la que se genera como gas combustible. La investigación sobre energía requiere, como cualquier otra, la atención de economistas calificados.

Dada la gran diversidad de necesidades entre los países, las comunidades y los proyectos, ha sido necesario mantener dentro de las limitaciones del programa cierta flexibilidad en el método y en la organización del trabajo. Si bien cada solicitud de proyecto recibe las consideraciones debidas, la prioridad otorgada a los cultivos alimenticios básicos, a la silvicultura

social, a la acuicultura, a los animales de la pequeña granja y a los sistemas postcosecha rurales ha permitido al personal de la División ofrecer asesoría especializada y de crear redes entre proyectos que en distintos países comparten un interés común. Si bien ciertos énfasis determinados han cambiado y seguirán cambiando, la División no puede, ni debe, tratar de ser todo para todo el mundo.

Se ha señalado la preponderancia de proyectos en países donde la investigación científica se encuentra bien cimentada. Los proyectos en países de menor desarrollo científico exigen mayor dedicación del personal tanto en su preparación como a lo largo de su duración, y a menos que se incluyan extranjeros, una determinación generalmente contraria al estilo del CIID, el logro de objetivos, incluso modestos, demanda benevolencia en forma de consejo y estímulo. No obstante, son estos países menos desarrollados los que mas necesidades tienen, los que tienen que avanzar la mayor distancia en busca de su autosuficiencia técnica, económica y productiva. En el futuro, en colaboración con otros organismos donantes de mayores recursos, será factible dedicar mayores esfuerzos al fortalecimiento o creación institucional para la investigación en los países de menor desarrollo científico, donde la necesidad de desarrollo agrícola es tan clara y urgente.

Mayor producción agrícola incrementada proviene de cultivar más en un mismo pedazo de tierra o en utilizar tierras anteriormente no cultivadas. Como esto último implica el cultivo en tierras marginales o menos fértiles, y lo anterior la introducción de cultivos y métodos agrícolas desconocidos, el agricultor se ve enfrentado a los riesgos mayores invariablemente involucrados en la novedad. Los agricultores de subsistencia, como la mayoría de los pobres, prefieren evitar el riesgo antes que confiarse en la promesa incierta de innovaciones no comprobadas.

De acuerdo con la metodología de sistemas de la División, el agricultor comprueba y juzga la innovación frente a lo conocido. La investigación aplicada que se realiza bajo las condiciones del agricultor, tiende a reducir el riesgo. Si se obtiene primero un conocimiento a fondo de los sistemas agrícolas establecidos como un todo, será posible evaluar las innovaciones que ofrecen mejores perspectivas de retribución a la mano de obra y a la tierra y sopesar los riesgos potenciales frente a los beneficios por obtener.

Formulación de los Proyectos

Todo proyecto se inicia con un resumen de proyecto en que se describe, en primer lugar, la necesidad del proyecto, a quiénes se intenta beneficiar, quién lo llevará a cabo, sus relaciones con otras actividades y todos aquellos aspectos que sean pertinentes al propósito general. Luego se presentan los objetivos seguidos de la metodología en que se describen los sistemas, métodos y técnicas con los cuales se perseguirán los objetivos, acompañado esto por un calendario de las actividades propuestas. La sección final se ocupa del presupuesto y las notas a esto, donde se describe, por renglones, el monto solicitado para las diferentes funciones de capital y operación, indicando cuáles sumas serán administradas por el beneficiario y cuáles por el Centro, así como la contribución monetaria y en especie del beneficiario.

La capacidad institucional y profesional varía ampliamente entre los 65 países donde se han emprendido proyectos; la formulación del proyecto a menudo ayuda a resolver qué es factible entre todo aquello que parece deseable. Las necesidades y expectativas de la investigación y el desarrollo agrícolas son diversas y complejas tanto en el menos desarrollado de los países como en las naciones mas desarrolladas. Todos necesitan ser alimentados y provistos de vivienda con sus propios recursos. Por esta razón, es tan difícil escoger las prioridades de investigación entre los menos privilegiados, como peligroso tratar de hacer tanto que lo que se logre sea muy poco. Contra esta última posibilidad, es política de la División exigir en cada propuesta un calendario de actividades, detallado para el primer año, más flexible para los siguientes. Estos calendarios permiten a quienes tienen que ver con el proyecto, pesar lo que se quiere lograr contra los recursos humanos y materiales disponibles. Resulta por ello difícil aceptar una propuesta en que las personas responsables no puedan presentar un calendario para el primer año de actividades.

El resumen de proyecto conforma la base del convenio subsiguiente y es el documento definitivo por el cual se evalúa el progreso futuro. El tiempo y el cuidado que se inviertan en la elaboración del resumen del proyecto se reflejan en la forma en que la investigación sigue su curso. Aunque los desórdenes políticos, los cambios burocráticos y otras adversidades no pueden ser anticipados durante la formulación del proyecto, el tiempo empleado en una planificación conciente y minuciosa del proyecto rara vez se pierde.

En razón de la disposición hacia la investigación aplicada para el desarrollo rural, se estimula la discusión y el desarrollo conjunto de los planes del proyecto entre los científicos participantes y la comunidad rural involucrada. Si se contempla la introducción de una nueva máquina, se aconseja a los planificadores de la investigación que discutan los diseños tentativos con fabricantes locales para asegurar la posibilidad de su manufactura local y económica.

Se reconoce que una investigación confiable necesita equipos adecuados y es política del CIID suministrar las máquinas e instrumentos necesarios para el proyecto. El exceso de equipos puede convertirse más en un impedimento que en un beneficio pues hay que instalarlo, almacenarlo y darle mantenimiento adecuado, todo lo cual absorbe los limitados recursos monetarios y de tiempo. Es indispensable asegurarse de que el equipo y la maquinaria contemplados en el resumen de proyecto puedan funcionar y recibir mantenimiento adecuado en el lugar donde se piensan instalar. El suministro eléctrico y la estabilidad del voltaje son a menudo un problema. Por esta razón no es una extravagancia proveer reguladores de voltaje o equipos motrices independientes de la línea central de suministro. En casi todos los proyectos hay necesidad de suministrar repuestos de los componentes mas vulnerables de los equipos.

No siempre se cuenta con acceso a una asesoría profesional en materia económica. Por tanto fue indispensable crear el Grupo de Economía Agrícola dentro de la División; es un equipo pequeño que ayuda a definir los análisis económicos adecuados como parte de las investigaciones técnicas.

Se presta asesoría sobre procesos y tecnologías básicas que pueden ser aplicadas por los científicos capacitados en otras disciplinas.

Siempre es difícil lograr una coordinación perfecta entre las actividades y el programa prescrito, especialmente en aquellos países donde las condiciones políticas y económicas son frágiles e inciertas, y el error mas frecuente en que ha incurrido la División ha sido el de subvalorar el tiempo requerido para completar todas las actividades propuestas en el resumen de proyecto. Por tanto, no es raro encontrar extensiones de plazos en un proyecto. Se espera que una comparación crítica y a fondo de lo que se ha logrado hacer en muchos proyectos contra los plazos propuestos en un principio, sirva para hacer cálculos mas realistas en el futuro.

En general, la formulación de un proyecto se reduce a ejercer el arte de lo posible: extraer de entre todo lo que parece necesario, aquello que se puede intentar con los recursos disponibles.

Apoyo Técnico y Evaluación

El principal objetivo de las visitas que efectúa el personal de CAAN a los proyectos es suministrar estímulo y asesoría, especialmente a los investigadores jóvenes, en métodos, técnicas y administración científica. Al mismo tiempo, es necesario controlar el progreso de los proyectos de acuerdo con el plan descrito y, si no es el caso, determinar las razones de la situación. El personal de la División prefiere actuar como socio partícipe y no como fiscal. En aquellos proyectos que se quedan cortos en el logro de sus objetivos, la causa frecuente es la falta de adecuado apoyo político o la ineficiencia burocrática. Cualquiera que sea la causa aparente del problema, la situación se discute preferiblemente en privado con los responsables del proyecto evitando situaciones embarazosas.

Muchos visitantes preguntan al CIID cómo evalúa los proyectos. Aunque algunos proyectos terminados han sido objeto de lo que podría llamarse una evaluación a fondo, la evaluación es un proceso continuo que se inicia desde el momento en que la propuesta de proyecto es presentada para su estudio a la División, al Comité de Proyectos del CIID y, por último, al Consejo de Gobernadores. Toda visita a un proyecto incluye elementos de evaluación: ¿Cómo progresa la investigación al compararla con el calendario y los planes del proyecto?

Evaluación es un concepto que se debe manejar con delicadeza y un procedimiento que se debe aplicar con cautela. Nuestro propósito es estimular, no forzar, discutir las dificultades, no dictar soluciones. La crítica severa, sobre todo si se consigna en un informe evaluativo, puede ser demoledora para la autoconfianza de los científicos jóvenes. Es preferible, entonces, discutir las dificultades y fallas aparentes que ponerlas por escrito.

Asimismo, es necesario hacer uso de la benevolencia para decidir el mejor rumbo de acción en un proyecto que avance con mas dificultades de las esperadas. No es fácil decidir cuánta asistencia y dirección debe darse a un proyecto antes de que la División comience a dominar y a dirigir la investigación.

Se ha propuesto que en el futuro se vuelva a los proyectos dos o tres años después de que termine la colaboración del CIID, con el objeto de determinar lo que ha acontecido y cuáles han sido los beneficios derivados.

Con frecuencia se pregunta a la División qué proyectos han obtenido resultados positivos y cuáles han fracasado. Es raro que un proyecto fracase rotundamente o que no logre ninguno de sus objetivos. Lo que se considera como éxito absoluto depende en gran parte del juicio y la interpretación subjetivos. En la mayoría de proyectos es imposible determinar los logros con una precisión cuantitativa que permita la comparación entre dos de ellos. Por definición, la investigación aplicada es la investigación hecha para beneficio del hombre, y tendrá que pasar algún tiempo después de la culminación de un proyecto para poder experimentar todo el beneficio. Es más, el éxito tiene que ser evaluado en relación a los recursos materiales y humanos disponibles. Lo que puede ser loable en relación con un equipo de investigación relativamente inexperto, puede ser totalmente insatisfactorio con uno bien establecido. La base fundamental para el juicio es: "¿Han hecho lo mejor que han podido con los recursos disponibles?" Sería un fracaso nuestro perder la habilidad de suministrar la ayuda y el consejo necesarios, particularmente a aquellos científicos que trabajan en el aislamiento intelectual.

Todo proyecto de investigación requiere apoyo suficiente para probar su valor e importancia a los gobiernos y a los organismos de desarrollo. Para evitar comprometer sumas excesivas de dinero a proyectos que son en esencia de larga duración, la mayoría de los proyectos se financian en varias etapas, cada una de dos a tres años en promedio. El progreso satisfactorio durante la primera etapa generalmente asegura la continuación del auxilio para una segunda y a veces tercera etapa. El hecho de que el CIID asuma los mayores riesgos en la primera etapa, y continúe compartiendo el riesgo en las posteriores, ha motivado un mayor interés por parte de algunos de los gobiernos responsables. En algunos casos las contribuciones monetarias de los gobiernos han aumentado en la segunda etapa y los científicos que el CIID auspiciaba al comienzo han sido incorporados a los posteriores planes oficiales de desarrollo.

Relaciones entre Proyectos y Beneficiarios

Siempre se estimula la cooperación y el intercambio de conocimientos entre proyectos que comparten intereses comunes y objetivos similares. Varias asociaciones cooperativas de proyectos múltiples han comenzado a ser denominadas "redes". Algunas redes fueron creadas por científicos de varios países quienes definieron conjuntamente un problema de envergadura regional y convinieron en compartir los componentes investigativos entre sus respectivas instituciones. Otras redes fueron naciendo proyecto por proyecto, conformándose alrededor de un producto determinado como la yuca, o de una metodología como en los proyectos de sistemas de cultivo.

La amplia y compleja red de yuca empezó en el CIAT y con el tiempo abarcó los países productores en Asia, África y América Latina. Esta red incluyó estudios sobre plagas y enfermedades en los países donde ocurren,

métodos mejorados para la conservación, conversión y utilización de la yuca como alimento para los humanos y animales, y se complementó con investigación de base en Canadá.

Una red que aprovecha los recursos científicos de un centro internacional o regional de investigación es casi el ideal. Pero, donde no existe un centro internacional o regional, se requiere de asesores que provean guía científica, estímulo a la cooperación, intercomunicación y flujo regular de información y materiales entre los proyectos constitutivos de la red. La cooperación entre proyectos que comparten intereses comunes ofrece muchas ventajas. La integración planificada y organizada de los esfuerzos en el campo científico entre diversos países en desarrollo contribuye al logro de objetivos mas importantes que la suma de actividades individuales aisladas. Las redes cooperativas permiten que los países mas adelantados en materia científica compartan sus conocimientos con países de menos recursos. Bangladesh se beneficia de la investigación hindú sobre oleaginosas y mijos menores. Varios países de Asia envían a sus jóvenes científicos a la Universidad de Filipinas en Los Baños para recibir entrenamiento en investigación sobre sistemas de cultivo. Una reunión de biólogos asiáticos definió las prioridades de investigación para el programa regional de acuicultura. El programa de postcosecha del arroz en Asia y el programa cooperativo de silvicultura social reciben las orientaciones que emanan de las reuniones anuales regulares de los países participantes.

Cooperación entre los Donantes

Aunque la racionalización y la cooperación entre los organismos donantes no es lo que mas resalte, hay excepciones notables que se destacan. Uno de los mejores ejemplos de cooperación voluntaria e informal entre organismos donantes relativamente libre de obstáculos políticos, es el del CGIAR, un consorcio de donantes y países en desarrollo que, en forma colectiva, apoyan los IARCs. La flexibilidad del CGIAR permite la incorporación de organismos gubernamentales multilaterales y bilaterales, fundaciones privadas y varios fondos especiales. Además de su apoyo colectivo a los IARCs, el CGIAR es un foro donde las nuevas iniciativas en materia de investigación agrícola pueden ponerse a funcionar. El programa cooperativo postcosecha del Sudeste Asiático, en el cual el CIID coopera con otras agencias de ayuda, se originó en reuniones informales del CGIAR. Se espera que a través de contactos dentro del CGIAR se pueda promover un apoyo coordinado a largo plazo de varios donantes para la investigación sobre agrosilvicultura y acuicultura.

El grado de libertad y de flexibilidad otorgado por su Consejo de Gobernadores permite al CIID cooperar en forma relativamente fácil con otros organismos de ayuda. CAAN ha actuado como Organismo Ejecutor, en nombre de otros donantes, en varios de los proyectos cooperativos de investigación.

La División ha tenido menos suerte en estimular la cooperación con los bancos internacionales y regionales de desarrollo y con otros organismos poseedores de cuantiosos fondos para invertir en la explotación de los

resultados de las investigaciones. Cuando se ha logrado atraer inversiones, ha sido más en forma *ad hoc* que como resultado de una planificación deliberada. Este es un tema al que en el futuro le dedicará mas atención el Grupo de Economía Agrícola.

Los organismos de desarrollo solo recurren a una pequeña fracción de los recursos científicos del mundo. Por fuera de estos organismos existe una enorme cantidad de conocimientos científicos relativamente inexplorados que necesita ser organizada y dirigida al servicio de las necesidades técnicas, económicas y sociales de los países en desarrollo. Para utilizar esta reserva el Consejo Internacional de Gremios Científicos (ICSU) ha creado una Comisión Internacional para la Aplicación de la Ciencia a la Agricultura, la Silvicultura y la Acuicultura (CASAFA). Su objetivo es atraer la atención de las academias nacionales de ciencia y los gremios científicos internacionales, que cubren numerosas disciplinas científicas, hacia los urgentes problemas que podrían ser resueltos si se contara con los recursos de investigación adecuados. Varios países han conformado comités nacionales para cooperar con CASAFA. La División aceptó la invitación de proveer el presidente para CASAFA.

Cooperación con los Canadienses

A invitación de la División, un grupo informal de científicos canadienses del área oficial y universitaria se reunió dos veces y ha publicado su respuesta al primer informe y a las recomendaciones de CASAFA. El grupo señaló las áreas de indagación en que Canadá puede brindar su competencia. El valioso rendimiento dado por las modestas inversiones del CIID en materia de investigación en Canadá ya ha sido descrito en este libro. Mas científicos canadienses de los que la División podría costear desearían hacerse socios en este proceso de desarrollo. Como muchos de estos científicos no podrían aceptar compromisos de trabajo a largo plazo en el exterior, se espera que la Unidad de Programas Cooperativos (establecida a finales de 1980 para dar a los países en desarrollo mayor acceso a las capacidades investigativas y de desarrollo de las instituciones canadienses) permita a mas científicos canadienses llevar a cabo investigaciones complementarias a los proyectos que la División auspicia en los IARCs y en los países en desarrollo.

A más de la investigación básica complementaria, las entidades canadienses pueden brindar una valiosa capacitación, particularmente en los casos en que los estudiantes asisten a los cursos teóricos formales en Canadá y desarrollan sus investigaciones de tesis en sus respectivos países.

Los científicos canadienses tienen mucho qué enseñar pero también mucho qué aprender, de los países en desarrollo. Con esfuerzos adecuados y buena voluntad, la experiencia científica de Canadá podría ser de mayor utilidad para los países en desarrollo.

Asesores Extranjeros

Puesto que la ayuda del CIID se dirige a la investigación diseñada, definida, dirigida y ejecutada por los científicos de los países en desarrollo en estos países, el CIID suministra pocos extranjeros para trabajar como asesores residentes. Mucho más dentro del estilo del CIID están los asesores de red que prestan un servicio básico como lo hemos descrito. Puesto que el CIID no asigna jefes de proyecto, por ser contrario a su política, la División no tiene que enfrentar el síndrome de los “dos cocineros en una cocina” que se presenta cuando los administradores extranjeros hacen parte del equipo donde están las “contrapartes” locales.

Ocasionalmente, y como respuesta a una solicitud concreta, se han asignado asesores extranjeros a proyectos determinados para llenar los vacíos evidentes mientras se capacita un científico nacional. En estos casos, se ha dado preferencia a graduados jóvenes que en la mayor parte de los casos se adaptan más rápidamente a culturas y medios desconocidos. Es particularmente loable la dedicación de varios voluntarios de CUSO. El programa de CAAN le debe mucho a CUSO por la amistosa colaboración de sus administradores, la participación en los proyectos de varios de sus voluntarios y por el alto número de personas de la División que anteriormente eran voluntarios de CUSO.

Los asesores que no están vinculados a un centro internacional o regional, o que son asignados a países donde no existe una oficina regional del CIID, están en desventaja cuando se comparan con los asesores de los organismos bilaterales o de las Naciones Unidas que mantienen representaciones en los países. Los asesores del CIID tienen que arreglárselas solos para conseguir vivienda y para tratar con las burocracias locales. Además, muchos tienen que hacer sacrificios profesionales. Su principal satisfacción debe provenir de ayudar a los demás pues con frecuencia el reconocimiento científico que representa la presentación y publicación de resultados científicos les está negado. Es más, el servicio que prestan en los países en desarrollo no parece ser considerado como un factor deseable para el progreso profesional. Varios de los científicos jóvenes que han trabajado como asesores en el extranjero han tenido dificultades en sus países para encontrar empleos a la altura de sus calificaciones.

Aunque por conveniencia administrativa, la mejor ubicación para los asesores de red son las oficinas regionales del CIID, el estímulo científico que reciben es mucho mayor cuando se les asigna a un IARC o a una entidad de investigación en un país en desarrollo. Es comprensible entonces que algunos países se muestren renuentes a recibir asesores extranjeros cuya presencia no han solicitado y cuyos objetivos no son solamente los de servir al país en cuestión sino también a otros países que hacen parte de la red.

Aunque los asesores residentes de proyectos han sido pocos, el número de especialistas consultores empleados por plazos cortos para asesorar sobre determinadas tecnologías o métodos de investigación ha sido mayor. Estos consultores ofrecen varias ventajas en comparación con los extranjeros residentes. Se pueden seleccionar de un grupo más amplio de profesionales puesto que las visitas cortas a los proyectos no causa mayor desorganización

a su vida profesional o familiar. La nómina de consultores internacionales del CIID abarca profesionales de gran experiencia provenientes de universidades, el sector oficial, el sector privado o científicos retirados entre quienes se cuenta un antiguo director general de un IARC. Estos consultores de reputación científica internacional son altamente apreciados y sus opiniones muy bien recibidas por aquellos encargados de formular y ejecutar las políticas. Los consultores de CAAN prestan asesoría en asuntos claramente definidos; rara vez se les invita a definir o formular proyectos enteros. Los pasos para definir y formular un proyecto son básicamente responsabilidad del personal del CIID.

Política Oficial

El Primer Ministro de Canadá, Pierre Trudeau, afirmó en una ocasión que el papel de las políticas es mucho mas delicado en lo que se refiere a tecnología que en lo que concierne a población o a capital. Puesto que la mayor parte de los fondos de la División se canalizan a instituciones oficiales o académicas de investigación, el progreso de los proyectos depende en gran parte de una voluntad política favorable que estimule, no que impida, un sistema político donde la investigación aplicada pueda sobrevivir y florecer, de intereses políticos consistentes que garanticen la prueba, adaptación y aplicación de los resultados de la investigación para beneficio de las comunidades rurales y de un comportamiento burocrático que fomente y facilite la integración de la investigación aplicada al desarrollo rural.

El resultado de algunos proyectos ha llevado directamente a cambios en las políticas agrarias oficiales y, en ocasiones, a una reestructuración de las organizaciones de investigación y desarrollo agrícola. Si bien los impedimentos derivados de las políticas (o de la falta de ellas) y de la ineficacia burocrática rara vez pueden ser erradicados por la investigación biológica, la investigación científica exitosa puede por sí misma originar un cambio en las actitudes políticas. Los resultados de proyectos auspiciados en Asia, Africa, y América Latina, cada uno en una forma diferente, sirvieron de inspiración a varios gobiernos para cambiar sus políticas agrarias.

Es un hecho triste, pero cierto, que en varios países el CIID parece depositar mas fe y confianza en los científicos locales que sus mismos gobiernos. El apoyo verbal dado a la investigación y al desarrollo agrícolas en los foros internacionales no va siempre de la mano con la acción política. Mientras los gobiernos no reconozcan abiertamente que la investigación agrícola es fundamental para el desarrollo rural, los pobres del agro continuarán siendo el objetivo de nuestro trabajo.

Administración de la Investigación

En 1974, el Informe del Comité Especial del Senado (canadiense) sobre Política Científica señalaba: "Cuando un científico o un tecnólogo ha trabajado muchos años en actividades de I & D, generalmente alcanza un alto grado de especialización en ciertas áreas específicas y se convierte en proveedor de servicios de investigación. Dicha persona puede estar bien calificada para

generar nuevas ideas en su propia disciplina o deseosa de responder con entusiasmo a los desafíos de un programa de I & D. Un administrador de investigación, sin embargo, debe poseer otras habilidades o desarrollarlas: El debe valorar programas, y para hacerlo debe poder aplicar las técnicas de evaluación adecuadas. En otras palabras, debe ser ante todo un buen administrador más que un investigador”.

En síntesis, el CIID invierte en personas y busca apoyar a los directores de proyecto dedicados y competentes. Una administración y una dirección eficientes son elementos esenciales en cada proyecto del CIID. La política del CIID de apoyar proyectos planificados, dirigidos y ejecutados por científicos de los países menos desarrollados coloca una carga mas pesada sobre los directores de proyecto que la que imponen los organismos de ayuda que suministran los líderes de proyecto, los servicios de administración y todos los equipos y recursos de capital necesarios.

En la mayoría de los países hay una evidente escasez de científicos entrenados y experimentados en administración de proyectos. En el futuro programa de la División hay que prestar mas atención a la capacitación de científicos en el área de administración de la investigación y de planificación y organización de las instituciones de investigación, los programas y los proyectos, de la asignación de recursos y la administración de presupuestos, personal y sistemas, en sistemas de comunicaciones y en el mantenimiento de una memoria corporativa confiable.

Muy a menudo los presupuestos son considerados como una vara para castigar a los indisciplinados y no como un programa predeterminado, pero no inflexible, de desembolsos por los cuales se juzgará la tasa de progreso de un proyecto. La administración de la investigación aplicada no radica simplemente en diseñar técnicas y metodologías científicas, sino en tener un conocimiento amplio del objetivo final de ésta. ¿Quiénes la van a usar y a integrar, y de qué manera? La investigación aplicada cuando es efectiva tiene cierto parecido con la investigación de mercados que se pregunta: ¿Para quién es el producto? ¿Es apropiado y pertinente para lo que se quiere? ¿Pueden y quieren aquellos a quienes se dirige la investigación aceptar, usar y beneficiarse con los productos que ésta va a suministrar?

Originalmente la División tenía la idea de que los directores de proyecto se encargaran de la adquisición de todos los equipos y materiales siendo la capacidad de determinar, comprar y administrar los recursos materiales un componente fundamental de la administración de la investigación. Pero, a pesar de que se abrieron cuentas bancarias en divisas convertibles, la suposición de que todos los beneficiarios podrían seleccionar, adquirir e importar los equipos necesarios resultó ser a menudo impráctica y antifuncional. Algunos gobiernos prohibían el acceso de sus científicos a los fondos convertibles que el CIID había suministrado para la compra de equipo, los complicados sistemas de licitación, las necesarias aprobaciones por parte de múltiples organismos, así como los reglamentos de importación, ocasionaban demoras increíbles. A pesar de asegurárseles divisas convertibles, muchos proveedores de equipo se mostraban reacios a tratar directamente con los directores de proyecto. En consecuencia, el CIID se ha visto obligado a adquirir y enviar directamente los equipos necesarios a un número de

proyectos mayor de lo que quisiera. Es evidente la necesidad de que muchos países en desarrollo revisen sus procedimientos administrativos para reducir las demoras en la ejecución de los proyectos, y de capacitar y confiar en sus científicos para que administren, en todo el sentido de la palabra, los proyectos que tienen bajo su responsabilidad.

La comprensión de los sistemas es básica para la administración de proyectos. En varias publicaciones de la División se ha hecho énfasis en los peligros inherentes al desarrollo de tecnologías sin conocer primero el sistema en que van a funcionar. Un enfoque de sistema debe ser totalizante, más que fragmentario o dividido. Debe analizar el sistema como un todo y tratar de identificar en primer lugar las limitaciones y obstáculos que se dan dentro del sistema a los beneficios propuestos. La investigación de sistemas exige más una mentalidad analítica y de diagnóstico que intuitiva. Todos los científicos agrícolas deberían tomar un curso de capacitación en metodología de sistemas. Para aquellos que aspiran a administrar proyectos esto es indispensable.

Costo de Programa y Proyecto

El Apéndice I muestra por disciplinas el costo promedio de los proyectos en estos diez años (Cuadro 2). En el mismo apéndice aparecen tabuladas las apropiaciones presupuestales por sector y componente de programa. Entre los sectores de programa, destaca la creciente proporción de proyectos de sistemas postcosecha, de 16% en 1975-76 a 29% en 1979-80, lo que indica que los gobiernos se han ido dando cuenta de la importancia de estos sistemas y que es poco lo que se gana con mayores rendimientos de los cultivos o de una pesca abundante si este incremento no llega de manera segura y económica a los consumidores.

El Cuadro 4 en el Apéndice I señala la proporción relativamente mayor de los presupuestos asignados a la capacitación y al equipo capital en los proyectos de pesquería, lo que muestra que las instalaciones para la investigación en acuicultura están menos avanzadas que en la investigación agrícola. También ilustra el Cuadro 4 la fracción relativamente alta administrada por el Centro, particularmente en África, si se compara con las entidades canadienses; esto refleja las dificultades de compras y administración financiera mencionadas antes.

Lo que puede adquirirse con un dólar del CIID destinado a la investigación varía mucho entre países, instituciones y proyectos. Los proyectos más costosos están en los IARCs y otras organizaciones cuyos científicos devengan salarios y prestaciones a nivel internacional. Las diferencias en las escalas salariales y en los costos locales son notorias entre los diferentes países en desarrollo y aun entre países de la misma región geográfica.

Como la mayor parte del presupuesto operativo de la División va a los países en desarrollo, la inflación y la devaluación *de facto* del dólar canadiense frente a otras monedas ha ocasionado una seria baja en el poder adquisitivo real. El costo promedio por proyecto ha permanecido razonablemente constante, en parte por el aumento en el número de proyectos de sistemas de postcosecha cuyo costo promedio es casi la mitad de cualquier

otro. En general, los proyectos de alimentos, tecnología, nutrición e ingeniería en pequeña escala requieren menos inversión de capital, materiales y recursos humanos que los proyectos de mejoramiento de sistemas agrícolas, cultivos, ganadería o silvicultura.

Parece inevitable que el costo de funcionamiento a un nivel constante de actividad aumente para el CIID en el futuro. Sin un mayor suministro de recursos humanos y financieros, CAAN continuará recibiendo mas solicitudes de apoyo de las que puede atender.

El Personal de CAAN

La División inició labores con un pequeño grupo de especialistas altamente calificados que aportaron en conjunto muchos años de experiencia de trabajo en países en desarrollo. Estos fueron los Directores Asociados, los arquitectos del programa. En forma gradual se fueron incorporando los funcionarios especializados de programa, junto con un Grupo de Economía Agrícola y unos pocos miembros mas jóvenes de antecedentes científicos mas generales. La mayoría de estos jóvenes llegó después de servir en CUSO y en otras organizaciones voluntarias similares.

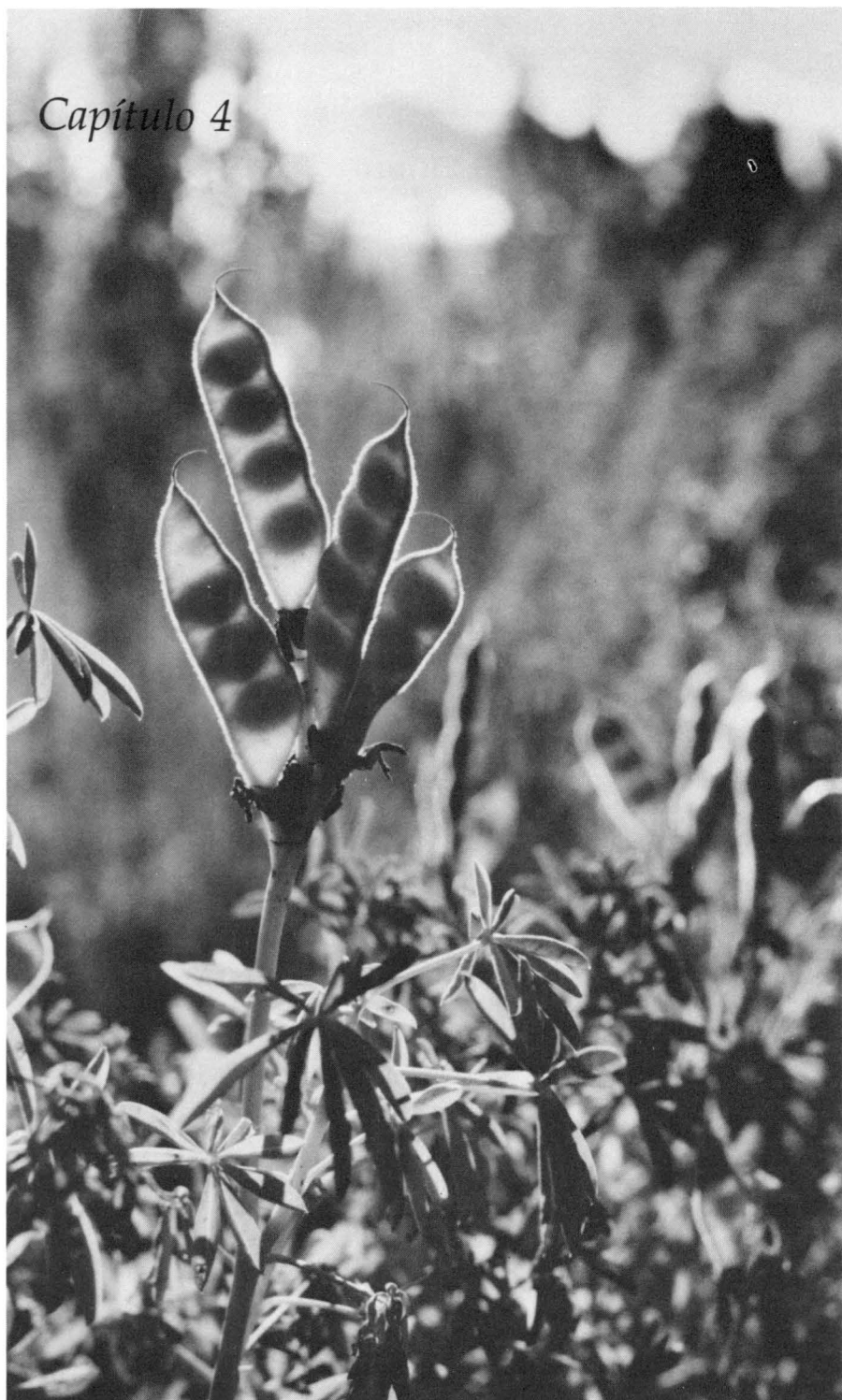
Es nuestro propósito que el número de especialistas calificados sea mayor que el del personal general, que es sin duda indispensable, particularmente en las oficinas regionales, para enfrentar los problemas locales de tipo técnico y administrativo. Se proyecta también mantener una proporción mucho mas alta de personal profesional por fuera que dentro de la sede central en Ottawa. El personal que vive en las regiones en desarrollo está mas al tanto de los cambios que ocurren en los países circunvecinos; el que trabaja en universidades e instituciones de investigación está física e intelectualmente mas cerca de su disciplina científica. Muy poca es la investigación agrícola que se ve en la sede del Centro.

Los viajes constantes, en promedio 128 días al año por cada profesional, coloca una carga pesada sobre el personal. Las largas ausencias afectan la vida familiar; el programa debe mucho a la paciencia y comprensión de los cónyuges e hijos. Las molestias de los viajes se han agravado a medida que las empresas aéreas reducen sus servicios para economizar dinero y los aeropuertos se congestionan con el advenimiento de los enormes aviones modernos. El viaje a los proyectos es mas agotador que las responsabilidades científicas y administrativas. Después de varios años sin una pausa para el estudio y la renovación intelectual, es difícil mantener el alto grado de competencia científica y la mentalidad flexible e imaginativa necesarios para prever las necesidades de los países en desarrollo y responder a ellas.

El método de trabajo del CIID exige un alto nivel de competencia profesional. No tiene sentido enviar a los proyectos a asesores que están menos informados que aquellos a quienes buscan asesorar. La División ha tenido la suerte de que científicos calificados de nivel internacional decidieran trabajar con el Centro y hayan permanecido en él durante tanto tiempo. Como es bien sabido, las memorias corporativas, no importa cuán bien registradas y documentadas, no son muy confiables. Por esta razón, una de las mayores ventajas del programa de la División ha sido la notable estabili-

dad de su personal experimentado en el CIID. En cada grupo de programa de la División hay por lo menos un miembro que ha estado asociado con la División de 5 a 9 años, una continuidad que ha suministrado un registro interno confiable de las actividades del Centro y una asociación continua y estrecha con los científicos de los proyectos auspiciados. Esta constancia en el servicio ha contribuido de manera notable a una continua década de aprendizaje.

Capítulo 4



El Futuro

Según los datos de la FAO, la producción de alimentos creció mas lentamente que la población en 58 de 106 países en desarrollo durante el período comprendido entre 1970 y 1978. Evidentemente hay mucho por hacer pero relativamente poco tiempo para lograrlo.

La autosuficiencia en la producción alimenticia requiere autosuficiencia de recursos humanos profesionales capaces de producir, adaptar y aplicar tecnologías que se avengan con el medio ambiente físico, social y económico prevaleciente. Cada nación requiere su propia organización de investigación y desarrollo agrícola a cargo de su propio personal capacitado.

El énfasis dado por el CIID a la capacitación científica de cada país sigue siendo algo relativamente único entre los donantes bilaterales y es un complemento a los programas de asistencia que dedican más a la construcción de instituciones de investigación. La autosuficiencia científica de una nación requiere que sus científicos puedan tomar sus propias decisiones, administrar los recursos puestos a su disposición y aprender a partir de sus propios errores. Impulsar este objetivo continúa siendo el propósito básico del CIID.

La capacidad investigativa, a nivel institucional y profesional, entre los países menos desarrollados varía ampliamente. No es fácil, entonces, lograr un equilibrio entre el apoyo a los países que muestran un desarrollo científico mas avanzado, aquellos mejor capacitados para trabajar dentro del estilo del CIID y aquellos poseedores de menos recursos humanos pero más necesitados. Puesto que las solicitudes de apoyo a proyectos crecen mas rápidamente que los recursos de la División, las decisiones para lograr un equilibrio entre los países más y menos desarrollados científicamente, entre el apoyo a mejoras técnicas relativamente sencillas y la investigación sobre sistemas agrícolas que es científicamente mas exigente pero en general mas productiva, son difíciles.

No parece haber razón suficiente para modificar drásticamente las prioridades existentes: proyectos dedicados a incrementar la producción de alimentos y combustibles, a mejorar la calidad de la dieta, a aumentar el ingreso disponible y a elevar el bienestar general de los habitantes rurales. Se seguirá otorgando énfasis a los cultivos y a la producción animal —terrestre y acuática— que prometa un incremento en el suministro alimenticio rural, a los sistemas de postproducción que garanticen una pérdida mínima, al transporte seguro y económico desde el lugar y hora de la recolección hasta el lugar y hora del consumo, y al desarrollo de especies arbóreas y otras fuentes económicas de combustible que, a diferencia del gasohol (gasolina complementada con etanol derivado de carbohidratos comestibles) no reducen los suministros de alimentos de los pobres para alimentar los automóviles de los relativamente pudientes.

Los compromisos existentes excluyen cualquier cambio drástico o repentino en el contenido del programa. Todavía se requieren mayores inversiones en la investigación tendiente a incrementar y estabilizar la producción en la granja de cereales, leguminosas, oleaginosas, banano, plátano y otros cultivos de subsistencia aceptados tradicionalmente por los pobres del campo. Aquellas plantas silvestres o exóticas, que son botánica o nutricionalmente interesantes pero que tienen una demanda exigua por parte de los consumidores, no se consideran prioritarias para el futuro inmediato.

La estructura de personal de la División CAAN trata de ajustarse para responder al creciente interés en la investigación sobre sistemas agrícolas y de cultivos. Aunque no se espera que proyectos integrados tan complejos, como el de recuperación del desierto egipcio, proliferen en todo el mundo, la adición gradual de uno o más elementos de las investigaciones sobre animales, silvicultura, piscicultura y postproducción a los sistemas de cultivo tiene buenas posibilidades en varios países.

Se anticipa una inversión continua en acuicultura y maricultura, en el cultivo de plantas y animales acuáticos que sirvan de alimento y generen mayores ingresos. La necesidad de mayor investigación básica sobre la fisiología reproductiva, los requerimientos nutricionales, la patología y la adaptación al medio en todas las etapas de su crecimiento de todas las especies de peces cultivadas es urgente, pero mayor de lo que el CIID puede por sí solo sostener. CASAFA reconoce este aspecto como merecedor de la atención científica internacional. También se requiere el apoyo de muchos organismos donantes para la creación de un centro internacional de investigación sobre acuicultura, localizado preferiblemente en Asia, que sea comparable en alcance y capacidad a un IARC y que sea fuente de nuevos conocimientos, metodologías confiables y capacitación para los biólogos de esta rama del saber.

El éxito logrado por el proyecto de pesca acompañante en Guyana ha despertado gran interés. La División estudia la forma de estimular ordenadamente una inversión en el desarrollo de la utilización de la pesca secundaria junto con un análisis a nivel mundial de las oportunidades para el procesamiento y la distribución de la pesca acompañante.

En el campo de la investigación animal, el mejoramiento de pasturas y forrajes y el reciclaje de desechos y subproductos en los sistemas de las pequeñas granjas han atraído un interés cada vez mayor. Las metodologías que se están perfeccionando en varios proyectos latinoamericanos se adaptarán probablemente a las condiciones locales en proyectos asiáticos y, más tarde, en África.

Los proyectos de silvicultura, inevitablemente de larga duración, se concentrarán en las necesidades sociales de las zonas rurales. Se requiere más investigación sobre las tasas de supervivencia y crecimiento bajo condiciones ecológicas adversas para poder formular recomendaciones que satisfagan las diversas necesidades rurales, y sobre los sistemas de silvicultura más económicos para las condiciones predominantes. Mientras ensayos agroforestales más complejos esperan la formulación y el ensayo de metodologías confiables por parte del ICRAF, se contempla la introducción amplia de especies arbóreas a sistemas agrícolas seleccionados.

El sector postproducción continuará ampliándose y diversificándose. En los países del Tercer Mundo no se aprecia fácilmente la existencia de sistemas eficientes de postproducción para cereales, leguminosas, oleaginosas, frutas, hortalizas y los productos de la fauna terrestre y acuática. Por tanto, se prevén más proyectos de postproducción en los cuales la investigación postcosecha se integre con la mejora de los cultivos alimenticios y de la producción animal y piscícola. Existe una inmensa oportunidad inexplorada de mejorar la eficiencia de las agroindustrias rurales existentes mediante la investigación de operaciones — el análisis sistemático de estas industrias con el fin de determinar los medios para mejorar su productividad y su eficiencia técnica y económica. En la mayor parte de los pequeños establecimientos manufactureros rurales, la capacidad disponible está totalmente utilizada. En consecuencia, cualquier producto nuevo que se vaya a fabricar deberá contar con uno de los siguientes requisitos: (a) capital para aumentar las instalaciones existentes de manufactura y distribución, (b) eliminación de productos y procesos existentes para dar paso a los nuevos, o (c) una mayor eficiencia de manufactura y asignación de recursos que provea oportunidades y abra espacio a nuevas operaciones. La investigación sistemática de las operaciones hace posible el punto (c) sin recurrir a (a) o (b). Es igualmente a través de la investigación de operaciones en la pequeña industria como se podrá economizar energía.

Los métodos de investigación de sistemas resultan desconocidos para personas capacitadas en algunas disciplinas científicas. Será necesario, por lo tanto, ofrecer oportunidades para el entrenamiento en administración general y en administración de la investigación de sistemas, tanto en los sectores de producción como en los de postproducción.

Uno de los objetivos específicos del CIID es el de: "Estimular a nivel general la coordinación de la investigación sobre desarrollo internacional". Interpretamos en parte esta definición como la necesidad de coordinar el programa de CAAN con las actividades de otros organismos de ayuda. Como se ha descrito, la flexibilidad del método de trabajo del CIID permite una cooperación relativamente fácil con otros organismos de desarrollo. Se intenta pues explorar, con mayor ímpetu, las posibilidades de cooperación con organismos cuyos recursos y modos de acción pudieran complementar los de la División, especialmente en los países con menor desarrollo, donde el apoyo a la investigación local debe combinarse con el fortalecimiento de las instituciones necesarias para la investigación y la capacitación, y la inversión en infraestructura rural. Las discusiones con otros organismos ya han comenzado y se proseguirán de manera activa.

En resumen, no es probable que las futuras prioridades de la División cambien a fondo. Aún persiste la necesidad de que los científicos colaboren con los habitantes rurales: (1) para mejorar el ingreso de los pequeños agricultores, de los pescadores artesanales, de los operarios de las pequeñas industrias; (2) para mejorar los sistemas de conservación de los recursos renovables de los cuales dependen la producción, distribución, y utilización de los alimentos; (3) para comprender los componentes concomitantes del costo, el riesgo y las utilidades que influyen en la aceptación de las innovaciones tecnológicas y sistemáticas; y (4) para estimular la cooperación entre

los países y comunidades que comparten los mismos intereses y oportunidades.

Los próximos diez años serán cruciales en extremo para el bienestar y la supervivencia de muchos de los habitantes de los países menos desarrollados. En la mayor parte de Africa, la producción per cápita de alimentos está disminuyendo. La migración a las zonas urbanas hace aun mas seria la necesidad de una mayor productividad de la granja campesina y de mejores sistemas postproducción de conservación y distribución. La agricultura proporciona la única fuente de subsistencia y sostenimiento para la mayoría de los habitantes de las zonas rurales de Africa, Asia, Medio Oriente, América Latina y el Caribe. La inversión en la investigación y el desarrollo agrícolas a nivel internacional es mínima si se le compara con los recursos monetarios que se emplean en el perfeccionamiento de los automóviles y las armas. Aun así, los Documentos de Trabajo No. 360 y 361 del Banco Mundial ofrecen evidencia de una apreciable utilidad económica a la inversión en agricultura. Sin embargo, los beneficios de la investigación agrícola son de lenta aparición; el desarrollo agrícola es un proceso evolutivo al que ayuda con el ingenio y la innovación el hombre. La "Revolución Verde" es un nombre inapropiado acuñado por los periodistas, no por los científicos.

Este estado de cosas exige que se dé mayor estímulo a la investigación agrícola, no lo contrario, ya que es solo mediante la investigación, el desarrollo y la inversión en la agricultura que los países menos desarrollados se liberarán de la dependencia de alimentos importados y podrán tener garantías de un mayor empleo e ingreso familiar en el área rural.

Cada nación necesita contar con un núcleo de administradores de la investigación y científicos cuyo trabajo y experiencia impongan el respeto de aquellos encargados de moldear los planes de acción política y de escoger entre muchas alternativas tecnológicas. Si se tiene en cuenta que la agricultura domina las economías y que, en realidad, determina la supervivencia de muchas naciones en desarrollo, se verá que en ningún otro sector se necesita tanto la capacidad de escoger sabiamente.

No somos instrumentos inermes de fuerzas impersonales. Podemos participar en la modelación del futuro de las cosas. Quienes encienden una pequeña luz en la oscuridad ayudarán a iluminar todo el firmamento.

Radhakrishnan

Epílogo



Epílogo

El informe de la Comisión Brandt dice: "Se calcula que en el Tercer Mundo viven hoy día en la indigencia 800 millones de personas . . . la mayoría de esas personas no puede darse el lujo de tener una dieta adecuada . . . los estimativos señalan que millones de personas morirán por falta de alimentos o sufrirán mengua en su desarrollo físico . . . la autosuficiencia alimenticia debe ser la meta de las mayores regiones del mundo".

Según estadísticas de la FAO, del Instituto Internacional de Investigación sobre Política Alimenticia (IFPRI) y de otras fuentes confiables, se estima que entre 1976-77 y 1980-81 la producción de cereales en el mundo aumentó en un 5% mientras su población creció en 9,5%. Durante el mismo período, las importaciones de cereales hechas por todos los países en desarrollo aumentaron en 66% y las de los países menos desarrollados de bajos ingresos en 143%, de esta cifra la parte correspondiente a la ayuda alimenticia declinó en un 31%.

En los mismos cuatro años, las reservas de cereales, como proporción del consumo total mundial de cereales, bajaron en 22%; la reserva mundial de cereales proyectada para 1981 es probablemente menor que la reserva de 1974 cuando el Congreso Mundial de Alimentos se reunió para advertir sobre una inminente crisis universal de alimentos.

El déficit de alimentos básicos en el mundo en desarrollo, que solo permite cubrir un 10% de los requerimientos mínimos de energía alimenticia, bien puede llegar a 185 millones de toneladas para 1990. El déficit puede ser mayor si la URSS y la República Popular China aumentan significativamente sus importaciones de cereales, si se presenta una sequía seria u otra catástrofe climática, si los países desarrollados de Norteamérica y Europa continúan destruyendo grandes áreas de su mejor tierra agrícola en aras de la urbanización, y si los gobiernos miopes y los ricos insensibles continúan jugando con sus carburadores mientras millones buscan alimento y preocupándose más por las necesidades de sus automóviles que por el hambre de los pobres.

Para que los países en desarrollo obtengan algún grado de autosuficiencia es necesario brindarles en el futuro inmediato un apoyo y un estímulo a la investigación y el desarrollo agrícolas mayor que el que han recibido en el pasado. Casi todos los países en desarrollo necesitan tener la competencia y capacidad propias para realizar investigación tendiente a aumentar la disponibilidad de alimentos para su población. Esperamos que lo expuesto en este libro ilustre la excelencia de las ganancias que produce la inversión en la investigación aplicada: aumento substancial de los rendimientos en la granja a partir de la investigación sobre sistemas de cultivo en Sri Lanka; mas proteína con el policultivo de peces en India y el rescate de la pesca acompañante en Guyana; mayor producción animal en las pequeñas granjas me-

dian­te pasturas mejo­ra­das co­m­bi­na­das con ali­men­tos de­ri­va­dos de los sub­pro­duc­tos en Amé­rica Cen­tral y Su­ra­mé­rica; mas ma­de­ra com­bus­ti­ble, pien­sos y en­ri­que­ci­mien­to de los sue­los al co­m­bi­nar ár­bo­les, cul­ti­vos ali­men­ti­cios y ani­ma­les de gran­ja en A­fri­ca Oc­ci­den­tal, el Me­dio Orien­te y el Su­de­ste Asiá­ti­co; es­tí­mu­lo a la pro­duc­ción de ce­reales con los mo­li­nos ru­ra­les de gra­no en Ni­ge­ria y Botswana; y re­cu­pe­ra­ción del de­sie­rto en Egipto me­diante sis­te­mas que co­m­bi­nan cor­ti­nas ve­ge­ta­les con pas­tu­ras re­sis­ten­tes y cul­ti­vos ali­men­ti­cios.

Igu­al­men­te es re­spo­san­bi­li­dad de aque­llos que for­mu­lan las po­lí­ti­cas, tan­to en los paí­ses de­sa­rrol­la­dos co­mo en de­sa­rrol­lo, a­se­gu­rar el fu­tu­ro del mun­do con una in­ver­si­ón en in­ves­ti­ga­ción a­grí­co­la que sea a­de­cu­a­da para pro­ve­er ali­men­to su­fi­cien­te a to­da la hu­ma­ni­dad. Por­que co­mo lo a­fir­ma­ba B.R. Sen ha­ce más de 20 a­ños cuan­do se in­ci­ó la cam­pa­ña con­tra el ha­mbre: “El ha­mbre de un hom­bre es el ha­mbre de to­dos los hom­bres”.

El ob­je­ti­vo fi­nal de CAAN es ayu­dar a que las na­cio­nes en de­sa­rrol­lo den un pa­so más ha­cia la au­to­su­fi­ci­en­cia en la a­grí­cul­tu­ra cien­ti­fi­ca. En 1763, la Mar­que­sa de Deffand es­cri­bía a d’Alembert: “La dis­tance n’y fait rien: Il n’y a que le pre­mier pas qui coûte”. (La dis­tancia no es na­da: so­lo el pri­mer pa­so es di­fí­cil).

Los pri­me­ros diez a­ños de la Di­vi­sión de Cien­cias A­grí­co­las, Ali­men­tos y Nu­tri­ción son tan so­lo el pri­mer pa­so en la gran dis­tancia que se de­be re­cor­rer an­tes de lo­grar el ob­je­ti­vo fi­nal. Pe­ro ha si­do una dé­ca­da en que mu­cho se a­pren­dió.

Apéndice 1

Cuadros con Cifras Acumuladas

Cuadro 1. Listado Alfabético de Proyectos (con número de proyecto) hasta el 31 de enero de 1981.

73-0136	Acaros de la yuca (CIBC) (Trinidad) Etapa I	72-0093	Bosques aldeanos (Níger) Etapa I
75-0026	Acaros de la yuca (CIBC) (Trinidad) Etapa II	80-0076	Bosques aldeanos (Níger) Etapa II
79-0065	Acaros de la yuca (CIBC) (Trinidad) Etapa III	74-0159	Calidad de las leguminosas en grano (INCAP)
76-0001	Acuocultura (Brasil)	80-0109	Camélidos suramericanos (Perú)
77-0035	Acuocultura (Egipto)	73-0058	Carpas (Malasia) Etapa I
73-0065	Acuocultura (India)	77-0051	Carpas (Malasia) Etapa II
76-0157	Acuocultura (Sudán)	75-0048	Casuarina (Egipto) Etapa I
75-0034	Acuocultura (Turquía)	80-0027	Casuarina (Egipto) Etapa II
79-0091	Acuocultura de barbecho anegado (Guyana)	78-0058	Cerdo nativo (El Salvador)
74-0138	Agricultura de tierras secas (ICARDA)	71-0081	CIAT (Latinoamérica) Etapa I
76-0040	Agrosilvicultura (Camerún)	72-0125	CIAT (Latinoamérica) Etapa II
76-0008	Agrosilvicultura (Ghana)	78-0065	Clasificación de la madera (México)
76-0130	Agrosilvicultura (IITA) Etapa I	76-0136	Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF) Etapa I
80-0130	Agrosilvicultura (IITA) Etapa II	78-0001	Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF) Etapa II
76-0007	Agrosilvicultura (Nigeria)	79-0043	Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF) Etapa III
75-0098	Ajonjolí (India)	80-0032	Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF) Etapa IV
73-0143	Ajonjolí (Israel)	79-0172	Control de insectos en las leguminosas alimenticias (Universidad de Alto Volta)
73-0042	Alimentos de granos (Líbano)	75-0112	Control del orobanco (Egipto)
79-0109	Almacenamiento de arroz (Sierra Leona)	74-0119	Control del orobanco (ICARDA) Etapa I
77-0159	Almacenamiento de caupí (Alto Volta)	78-0041	Control del orobanco (ICARDA) Etapa II
79-0007	Almacenamiento de caupí (Sierra Leona)		
73-0009	Almacenamiento de granos (Ghana)		
75-0021	Almacenamiento de granos (Swazilandia)		
73-0123	Añublo bacteriano (Nigeria)		
75-0097	Azafrán (India)		
79-0026	Bambú (Bangladesh)		
80-0017	Bambú (Indonesia)		
72-0094	Bosques de sabana (Malí) Etapa I		
74-0165	Bosques de sabana (Malí) Etapa II		

(continúa)

73-0114	Cortinas vegetales (Nigeria)	75-0028	Equipo de pequeña finca (Egipto) Etapa I
77-0018	Cortinas vegetales (Túnez)		
78-0133	Cultivos andinos (Perú)	79-0112	Equipo de pequeña finca (Egipto) Etapa II
77-0121	Cultivo de mejillones (Singapur)		
79-0160	Cultivo en jaulas (República Dominicana)	76-0091	Equipo de pequeña finca (Ghana) Etapa I
79-0018	Cultivo en jaulas (Sri Lanka)	80-0013	Equipo de pequeña finca (Ghana) Etapa II
78-0112	Cultivo mixto (Swazilandia)		
72-0025	Cultivo mixto (Tanzania) Etapa I	80-0138	Equipo de procesamiento de alimentos (Tailandia)
74-0087	Cultivo mixto (Tanzania) Etapa II		
79-0021	Cultivos múltiples (ICA) (Colombia)	77-0008	Escarabajo del pino (Guatemala)
		72-0099	Estudio forestal aéreo (Surinam)
71-0107	Cultivos múltiples (IRRI) (Filipinas) Etapa I	77-0106	Estufas de carbón vegetal (Tanzania)
73-0014	Cultivos múltiples (IRRI) (Filipinas) Etapa II	75-0103	Extractos de pituitaria de peces (Investigación B.C.)
75-0086	Cultivos múltiples (UPLB)	80-0011	Fertilizantes fosfatados (IFDC/Africa Occidental)
72-0006	Cultivos múltiples (Tailandia)		
78-0046	Cultivos resistentes a la sequía (CATIE)	76-0126	Forestación (Bolivia)
		75-0120	Forestación (Jordania)
74-0058	Cultivos semiáridos (Tailandia)	74-0020	Forestación (Kenia)
78-0091	Chamecultura (Ecuador)	76-0090	Forestación (Perú) Etapa I
76-0152	Desarrollo de fertilizantes (IFDC) Etapa I	80-0028	Forestación (Perú) Etapa II
		77-0145	Forestación (Tanzania)
78-0088	Desarrollo de fertilizantes (IFDC) Etapa II	76-0065	Forraje de verano (Egipto)
		76-0038	Germoplasma de yuca (Brasil)
80-0003	Desarrollo de fertilizantes (IFDC) Etapa III	78-0024	Germoplasma de yuca (PRL) Etapa I
78-0036	Desarrollo de pasturas (Chile)	79-0062	Germoplasma de yuca (PRL) Etapa II
71-0005	Desarrollo rural (Colombia) Etapa I	78-0104	Goma arábica (Senegal) Etapa II
72-0124	Desarrollo rural (Colombia) Etapa II		
80-0128	Descascaradores de nueces (Tailandia)	72-0096	Goma arábica (Senegal)
		73-0069	Gonadotropina (UBC)
79-0124	Deshidratación de papa (Perú)	75-0131	Guandul (Kenia) Etapa I
80-0064	Deshidratación de vegetales (Zambia)	79-0063	Guandul (Kenia) Etapa II
		78-0056	Habas (Egipto) Etapa I
71-0039	Deshidratación osmótica (CDA)	80-0125	Habas (Egipto) Etapa II
72-0004	Deshidratación osmótica (UWI)	71-0020	Harinas compuestas (Manitoba) Etapa I
76-0111	Deshidratación solar (Egipto) Etapa I	74-0040	Harinas compuestas (Manitoba) Etapa II
80-0126	Deshidratación solar (Egipto) Etapa II	75-0019	Híbrido sorgo-maíz (PRL)
		79-0137	Hongos lignocelulolíticos (Tailandia)
77-0017	Eficiencia de fertilizante (Egipto)		
73-0062	Enfermedades animales (ILRAD)	76-0127	Intensificación de cultivos (Siria) Etapa I
73-0113	Enfermedades bovinas (Guelph) Etapa I	80-0121	Intensificación de cultivos (Siria) Etapa II
75-0040	Enfermedades bovinas (Guelph) Etapa II		
80-0009	Enfermedades de las habas (Universidad de Manitoba)	73-0063	Interacción a planta (UBC)
		80-0107	Invertebrados/malezas acuáticas (Chile)
72-0112	Enriquecimiento microbiano (Malasia)	76-0020	Investigación cooperativa forestal (Africa)

(continúa)

75-0123	Investigación cooperativa sobre yuca (Asia)	79-0107	Leguminosas procesadas domésticamente (Tailandia) Etapa II
74-0162	Investigación cooperativa sobre yuca (América Latina)	79-0142	Leguminosas y nueces (Tanzania)
73-0145	Investigación en arroz (WARDA) Etapa I	76-0115	Leucaena (Filipinas)
78-0047	Investigación en arroz (WARDA) Etapa II	78-0007	Lupino (Chile) Etapa I
75-0073	Investigación y desarrollo sobre sistemas postcosecha (S.E.A.) Etapa I	79-0108	Lupino (Chile) Etapa II
79-0139	Investigación y desarrollo sobre sistemas postcosecha (S.E.A.) Etapa II	75-0042	Manejo de pastos (México) Etapa I
79-0098	Langosta (Cuba)	78-0135	Manejo de pastos (México) Etapa II
74-0128	Leguminosas alimenticias (IITA/Alto Volta) Etapa I	76-0144	Manejo de pastos (Perú) Etapa I
79-0038	Leguminosas alimenticias (IITA/Alto Volta) Etapa II	80-0058	Manejo de pastos (Perú) Etapa II
78-0040	Leguminosas alimenticias (Malí)	74-0121	Manejo del arroz húmedo (Malasia)
77-0009	Leguminosas alimenticias (Níger)	79-0077	Mantequilla vegetal (Malí)
74-0090	Leguminosas alimenticias (Paquistán)	77-0110	Maricultura (Colombia)
77-0102	Leguminosas alimenticias (Sierra Leona)	78-0090	Maricultura (Perú)
78-0048	Leguminosas alimenticias (Turquía)	78-0042	Mejoramiento de cebada (Turquía)
79-0101	Leguminosas bajo bananas (UPEB)	80-0131	Mejoramiento de cultivos oleosos del altiplano (Etiopía)
78-0043	Leguminosas en grano (Argelia) Etapa II	77-0083	Mejoramiento de frijol y maíz (Burundi)
77-0048	Leguminosas en grano (Bangladesh) Etapa I	76-0132	Mejoramiento de granos alimenticios (Sri Lanka) Etapa I
79-0134	Leguminosas en grano (Bangladesh) Etapa II	80-0082	Mejoramiento de granos alimenticios (Sri Lanka) Etapa II
71-0078	Leguminosas en grano (Caribe) Etapa I	77-0073	Mejoramiento de leguminosas alimenticias (Egipto) Etapa I
74-0160	Leguminosas en grano (Caribe) Etapa II	80-0118	Mejoramiento de leguminosas alimenticias (Egipto) Etapa II
76-0191	Leguminosas en grano (Caribe) Etapa III	77-0060	Mejoramiento de leguminosas alimenticias (Sudán)
77-0101	Leguminosas en grano (ICARDA) Etapa I	79-0017	Mejoramiento de nueces (Mozambique)
79-0144	Leguminosas en grano (ICARDA) Etapa II	79-0024	Mejoramiento de procesos (Singapur)
73-0013	Leguminosas en grano (ICRISAT) Etapa I	72-0095	Mejoramiento de sorgo (Etiopía) Etapa I
74-0161	Leguminosas en grano (ICRISAT) Etapa II	74-0023	Mejoramiento de sorgo (Etiopía) Etapa II
75-0135	Leguminosas procesadas domésticamente (Tailandia) Etapa I	79-0016	Mejoramiento de sorgo (Etiopía) Etapa III
		80-0021	Mejoramiento y mecanización de lenteja y garbanzo (Jordania)
		75-0094	Microbiología de la yuca (Guelph) Etapa I

(continúa)

76-0120	Microbiología de la yuca (Guelph) Etapa II	73-0147	Parásitos de los peces (Indonesia)
78-0130	Microbiología de la yuca (Guelph) Etapa III	79-0085	Parásitos de los peces (Malasia)
79-0140	Mijos (Bangladesh)	79-0099	Pesquería de agua dulce (Indonesia)
75-0072	Mijos (India)	75-0035	Pesquería de agua dulce (Sarawak)
78-0103	Módulos pequeños (Colombia)	71-0106	Pesquería rural (Ghana)
78-0055	Molienda de arroz a nivel de aldea (Tailandia)	76-0160	Piojo harinoso de la yuca (CIBC) Etapa I
78-0023	Molienda de grano (Botswana)	80-0116	Piojo harinoso de la yuca (CIBC) Etapa II
75-0137	Molienda de sorgo (Botswana)	77-0042	Piscicultura (Rwanda)
78-0054	Molienda de sorgo (Sudán)	76-0045	Piscicultura (Singapur) Etapa I
79-0093	Molienda de sorgo (Tanzania)	80-0057	Piscicultura (Singapur) Etapa II
78-0008	Molienda y calidad de sorgos y mijos (PRL)	79-0050	Piscicultura (Togo)
72-0003	Molienda y utilización del grano (Nigeria) Etapa I	76-0061	Piscicultura (Universidad de Victoria)
73-0128	Molienda y utilización del grano (Nigeria) Etapa II	73-0115	Plantaciones forestales irrigadas (Malí)
75-0114	Mostaza (India)	77-0082	Plantaciones para combustible de madera (Malawi)
80-0002	Musgo marino (Santa Lucía)	78-0039	Plátanos (Camerún)
74-0060	Nutrición de la yuca (Tailandia) Etapa I	75-0043	Polifenoles (Sheffield) Etapa I
78-0026	Nutrición de la yuca (Tailandia) Etapa II	76-0102	Polifenoles (Sheffield) Etapa II
78-0044	Oleaginosas (Egipto)	81-0093	Prioridades investigativas (Caribe) Etapa I
79-0104	Oleaginosas (Sri Lanka)	78-0078	Procesamiento alimenticio (Tailandia)
80-0102	Oleaginosas (Sudán)	79-0156	Procesamiento de banano (UPEB)
79-0097	Optimización de conchas (Belize)	76-0003	Procesamiento de caupí (Ghana)
78-0085	Orobanco/striga (Sussex)	76-0077	Procesamiento de caupí (Nigeria)
76-0057	Ostricultura (Jamaica)	77-0004	Procesamiento de cereales (Senegal)
74-0113	Ostricultura (Sabah)	80-0062	Procesamiento de leguminosas (Bangladesh)
73-0008	Ostricultura (Sierra Leona) Etapa I	74-0080	Procesamiento de leguminosas (Filipinas) Etapa I
77-0146	Ostricultura (Sierra Leona) Etapa II	75-0075	Procesamiento de leguminosas (Filipinas) Etapa II
77-0021	Ostricultura (Sudán)	75-0136	Procesamiento de leguminosas (Indonesia) Etapa I
74-0049	Pasto alfa (Túnez)	80-0065	Procesamiento de leguminosas (Indonesia) Etapa II
76-0131	Pastos leguminosos (Belize) Etapa I	73-0051	Procesamiento de leguminosas alimenticias (PRL) Etapa I
79-0003	Pastos leguminosos (Belize) Etapa II	74-0168	Procesamiento de leguminosas alimenticias (PRL) Etapa II
71-0006	Pastos leguminosos (Caribe) Etapa I	74-0006	Procesamiento de papa (CIP)
75-0002	Pastos leguminosos (Caribe) Etapa II		
77-0007	Pastos leguminosos (Caribe) Etapa III		
77-0125	Pastos leguminosos (ICARDA)		
78-0032	Pastos leguminosos (Panamá)		
79-0069	Parásitos de los peces (Filipinas)		

(continúa)

74-0016	Procesamiento de yuca (Tailandia) Etapa I	76-0103	Resistencia a los insectos (Icipe)
76-0037	Procesamiento de yuca (Tailandia) Etapa II	79-0027	Resistencia a la sequía de leguminosas alimenticias (IITA/Níger)
75-0045	Procesamiento doméstico de granos (India)	75-0122	Rotaciones de cultivo (Kenia)
74-0079	Procesamiento pesquero (Filipinas) Etapa I	74-0146	Sábalo (SEAFDEC) Etapa I
78-0110	Procesamiento pesquero (Filipinas) Etapa II	78-0033	Sábalo (SEAFDEC) Etapa II
80-0137	Procesamiento pesquero (Filipinas) Etapa III	78-0027	Secado de cultivos (Guatemala)
76-0086	Procesamiento pesquero (India)	78-0051	Secador de cebolla (Níger)
79-0111	Procesamiento pesquero (Indonesia)	77-0162	Secador solar de arroz (Tailandia) Etapa I
79-0110	Procesamiento pesquero (Malí)	80-0060	Secador solar de arroz (Tailandia) Etapa II
80-0066	Procesamiento pesquero (Perú)	78-0113	Secadores solares de cosecha (Sierra Leona)
75-0036	Procesamiento pesquero (Tailandia)	74-0054	Selección varietal (Filipinas) Etapa I
73-0061	Producción animal (ILCA)	78-0045	Selección varietal (Filipinas) Etapa II
72-0091	Productos de cemento para madera (Ghana)	76-0047	Sistema postcosecha del arroz (Corea) Etapa I
73-0035	Productos pesqueros (Guyana) Etapa I	78-0053	Sistema postcosecha del arroz (Corea) Etapa II
78-0034	Productos pesqueros (Guyana) Etapa II	80-0059	Sistema postcosecha del arroz (Corea) Etapa III
77-0147	Prosopis (Sudán)	80-0012	Sistema postcosecha Isabela (Filipinas)
76-0078	Quinua (Bolivia) Etapa I	77-0058	Sistemas agrícolas (Malí)
80-0115	Quinua (Bolivia) Etapa II	79-0173	Sistemas agrícolas (Tanzania)
78-0107	Quinua, introducción (Colombia)	77-0046	Sistemas de alimentación de ganado de carne y leche (Panamá)
75-0032	Rabina (India)	79-0120	Sistemas de agricultura del desierto (Egipto)
75-0041	Raíces comestibles (Camerún) Etapa I	74-0019	Sistemas de cultivo (Bangladesh) Etapa I
70-0087	Raíces comestibles (Camerún/IICA) Etapa II	78-0064	Sistemas de cultivo (Bangladesh) Etapa II
71-0079	Raíces comestibles (Caribe) Etapa I	77-0086	Sistemas de cultivo (Honduras) Etapa I
75-0001	Raíces comestibles (Caribe) Etapa II	79-0145	Sistemas de cultivo (Honduras) Etapa II
79-0040	Raíces comestibles (Congo-Brazzaville)	74-0157	Sistemas de cultivo (Indonesia) Etapa I
74-0074	Raíces comestibles (Filipinas)	77-0010	Sistemas de cultivo (Indonesia) Etapa II
77-0049	Raíces comestibles (Sri Lanka)	72-0086	Sistemas de cultivo (ICRISAT)
74-0029	Recuperación de tierra (Sudán)	74-0053	Sistemas de cultivo (IRRI) Etapa I
74-0003	Reforestación de tierras (Senegal) Etapa I	76-0087	Sistemas de cultivo (IRRI) Etapa II
72-0101	Resistencia a la sequía (Universidad Laval) Etapa I	77-0086	Sistemas de cultivo (Nicaragua) (CATIE) Etapa I
74-0107	Resistencia a la sequía (Universidad Laval) Etapa II		
73-0129	Resistencia a la sequía (Saskatchewan) Etapa I		
79-0064	Resistencia a la sequía (Saskatchewan) Etapa II		

(continúa)

80-0114	Sistemas de cultivo (Nicaragua)	77-0087	Subproductos (Bali)
	Etapas II	76-0074	Subproductos (Egipto) Etapa I
75-0107	Sistemas de cultivo (Sri Lanka)	80-0006	Subproductos (Egipto) Etapa II
	Etapas I	78-0031	Subproductos (Kenia)
78-0050	Sistemas de cultivo (Sri Lanka)	73-0139	Subproductos (México) Etapa I
	Etapas II	76-0064	Subproductos (México) Etapa II
76-0083	Sistemas de cultivo (Tailandia)	79-0049	Subproductos (Siria)
	Etapas I	77-0088	Subproductos (Sudán)
78-0049	Sistemas de cultivo (Tailandia)	74-0009	Tecnología forestal (Pacto Andino) Etapa I
	Etapas II		
77-0050	Sistemas de cultivo (Togo)	78-0073	Tecnología forestal (Pacto Andino) Etapa II
77-0074	Sistemas de cultivo (WINBAN)		
	Etapas I	73-0140	Tecnología postcosecha (India)
80-0120	Sistemas de cultivo (WINBAN)	76-0026	Tecnología postcosecha (Senegal) Etapa I
	Etapas II		
78-0095	Sistemas de cultivo (IRRI)	79-0066	Tecnología postcosecha (Senegal) Etapa II
71-0019	Sistemas de molienda de grano (Guelph)	80-0127	Tecnología postcosecha de leguminosas (Bangladesh)
78-0035	Sistemas de producción amazónica (Perú)	74-0123	Tecnología postcosecha del arroz (Indonesia) Etapa I
75-0090	Sistemas de producción animal (CATIE) Etapa I	78-0115	Tecnología postcosecha del arroz (Indonesia) Etapa II
79-0047	Sistemas de producción animal (CATIE) Etapa II	74-0124	Tecnología postcosecha del arroz (Filip-NGA-UPLB) Etapa I
72-0073	Sorgo-CIMMYT (México) Etapa I	78-0114	Tecnología postcosecha del arroz (Filip-NGA) Etapa II
74-0132	Sorgo-CIMMYT (México) Etapa II		
72-0011	Sorgo (Senegal) (Etapa I)	80-0014	Tecnología postcosecha del arroz (Filip-UPLB) Etapa II
75-0088	Sorgo (Senegal) Etapa II	74-0122	Tecnología postcosecha del arroz (Singapur)
79-0094	Sorgo (Senegal) Etapa III	74-0120	Tecnología postcosecha del arroz (Tailandia)
80-0103	Sorgo (Somalia)		
73-0041	Sorgo/maíz (Papúa, Nueva Guinea)	74-0144	Tilapia (Kenia)
72-0051	Sorgo/mijos (Uganda) Etapa I	79-0082	Trilladoras de mijo (Malí)
75-0116	Sorgo/mijos (Uganda) Etapa II	72-0126	Tripanosomiasis (Guelph)
80-0053	Sorgo/mijos (Uganda) Etapa III	73-0101	Tripanosomiasis (Kenia) Etapa I
72-0054	Sorgo/mijo, guandul (Uganda) Etapa I	74-0163	Tripanosomiasis (Kenia) Etapa II
75-0110	Sorgo/mijo, guandul (Uganda) Etapa II	73-0012	Tritical (Chile) Etapa I
73-0010	Sorgo/mijos/leguminosas (ALAD) Etapa I	76-0088	Tritical (Chile) Etapa II
		79-0052	Tritical (Chile) Etapa III
75-0031	Sorgo/mijos/leguminosas (ALAD) Etapa II	72-0024	Tritical (Etiopía) Etapa I
		76-0052	Tricial (Etiopía) Etapa II
76-0134	Sorgo tolerante al frío (ICRISAT) Etapa I	74-0004	Tritical (India)
		73-0050	Tritical (Kenia)
78-0092	Sorgo tolerante al frío (ICRISAT) Etapa II	74-0142	Tritical (Líbano)
		76-0149	Tritical (Manitoba)
75-0037	Sorgo/tritical/oleaginosas (Rwanda)	74-0026	Tritical de invierno (Guelph) Etapa I
78-0006	Striga (Alto Volta) (ICRISAT)	76-0148	Tritical de invierno (Guelph) Etapa II
77-0041	Striga (Sudán)		
73-0015	Striga (Sussex) Etapa I	77-0081	Tritical de invierno (Guelph) Etapa III
75-0065	Striga (Sussex) Etapa II		
76-0101	Striga (Sussex) Etapa III		

(continúa)

(continuación)

73-0033	Tritical leguminosas (Argelia) Etapa I	79-0042	Utilización de tritical (Kenia)
79-0105	Tritical y pequeños granos (Sri Lanka)	80-0129	Utilización de sorgo (Tanzania)
80-0072	Universidad rural (Colombia)	79-0019	Vegetales (Kenia)
73-0032	Utilización de leguminosas alimenticias (Saskatchewan)	73-0146	Yuca (Brasil (CIAT)
72-0115	Utilización de subproductos (Guatemala) Etapa I	74-0153	Yuca (Ecuador)
74-0143	Utilización de subproductos (Guatemala) Etapa II	74-0056	Yuca (India)
78-0116	Utilización de sorgo, mijos y caupí (Alto Volta)	73-0043	Yuca (Indonesia) Etapa I
80-0010	Utilización de sorgo (Etiopía)	76-0060	Yuca (Indonesia) Etapa II
		74-0046	Yuca (Malasia)
		74-0047	Yuca (Nigeria) Etapa I
		77-0034	Yuca (Nigeria) Etapa II
		74-0002	Yuca (Perú) (CIAT)
		76-0105	Yuca (Zanzíbar)
		79-0022	Yuca silvestre (Brasil)

Cuadro 2. Resumen Fiscal de CAAN.

	Cultivos y sistemas de cultivo		Ciencias Animales		Pesquería		Silvicultura		Sistemas postproducción		Total	
	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos	Apropia- ciones (\$ '000)	No. de proyectos
1971-72	869	5	82	1	527	1	—	—	199	5	1.677	12
1972-73	3.541	13	470	4	—	—	393	4	—	—	4.404	21
1973-74	2.592	13	1.255	6	1.038	5	506	3	739	6	6.130	33
1974-75	4.156	11	787	4	826	1	1.923	5	363	6	8.055	27
1975-76	5.491	21	2.153	6	718	5	583	3	948	7	9.893	42
1976-77	4.794	21	1.480	5	803	4	2.378	8	1.452	9	10.907	47
1977-78	5.823	23	1.610	7	1.713	9	1.136	6	487	5	10.769	50
1978-79	6.304	25	1.425	5	907	3	735	3	1.521	17	10.892	53
1979-80	5.911	23	1.369	7	1.172	8	861	4	1.866	17	11.178	59
1980-81 ^a	5.935	21	1.295	4	1.324	6	1.352	6	2.090	19	11.996	56

^aHasta el final del tercer cuarto del año fiscal.

Cuadro 3. Apropriaciones y número de proyectos de CAAN hasta diciembre de 1980
(\$ '000) Acumulado.

	Apropiaciones (\$ '000)	%	No. de proyectos	%
Programa				
Cultivos y sistemas de cultivo	45.741	53,3	176	44,1
Pesquería	9.028	10,5	42	10,5
Ciencias animales	11.925	13,9	49	12,2
Silvicultura	9.674	11,2	42	10,5
Sistemas postproducción	9.664	11,1	91	22,7
Total	86.032	100,0	400	100,0
Región				
Africa	23.316	27,2	110	27,5
América Latina y el Caribe	20.264	23,6	92	23,0
Asia	24.735	28,7	107	26,8
Medio Oriente y Noráfrica	12.997	15,1	50	12,5
Canadá y países desarrollados	4.720	5,4	41	10,2
Total	86.032	100,0	400	100,0

Cuadro 4. Relación entre variables presupuestales de proyectos escogidos de CAAN y la subvención total de proyectos, por región y por programa.

	Región						Programa				
	Todos los proyectos	Africa	Asia	América Latina	Medio Oriente y Noráfrica	Canadá y países desarrollados	Ciencias animales	Cultivos y sistemas de cultivo	Pesquería	Silvi-cultura	Postpro-ducción
Porción administrada por el Centro/subvención total	29	38	27	21,6	30	11,6	25,5	24,4	37,4	37,8	32,5
Porción administrada por el beneficiario/subvención total	71	62	73	78,4	70	88,4	74,5	75,6	62,6	62,2	67,5
Consultorías/subvención total	3,5	4,5	3,7	3,6	4,4	0,6	3,7	1,6	8,2	6,7	5,4
Capacitación/subvención total	10,5	10,5	13,4	11,2	11,5	1,3	12,3	11	13,1	6,5	7,2
Equipo básico/subvención total	13	14	15	11,2	14,3	6,7	9,9	10	26,6	12,6	17,5
Salarios y prestaciones/subvención total	34	37	31,5	35,1	28,5	58,7	33,4	39	20,1	28,5	29,2
Viajes/subvención total	6,5	7	6,3	7	7,2	3,9	5,7	6,9	4	6,1	8
Gastos de investigación/subvención total	19	18,5	18	19	19,2	17,3	21,7	16,7	15,8	29	20,4
Publicaciones/subvención total	1,2	1,5	1,3	1,8	1,6	0,13	1	1,2	2,1	2,1	1,6
Contingencias/subvención total	6,3	7	6,4	7,6	6,1	6,5	6,9	5,7	6,4	6,4	8,8
Valor promedio de proyecto incluyendo suplemento (\$ '000)	213	208	245	211	248	97	238	251	218	226	96
Duración promedio de proyecto incluyendo extensión (meses)	34	38	38	33	35	23	34,5	34	35,3	38,3	30,6

Apéndice 2

Centros Internacionales de Investigación Agrícola

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia. (Principales programas de investigación: yuca, frijol, arroz y pastos tropicales)
- Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado Aéreo 5969, Lima, Perú (Principal programa de investigación: papa).
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Londres 40, México 6, D.F., México. (Principales programas de investigación: maíz y trigo).
- Consejo Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IBPGR), Unidad de Ecología de Cultivos y Recursos Genéticos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Via delle Terme de Caracalla, 00100 Roma, Italia.
- International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), (Centro Internacional de Investigación Agrícola en Areas Secas), P.O. Box 114/5055, Beirut, Líbano. (Principales programas de investigación: sistemas de cultivo; cereales; leguminosas alimenticias incluyendo habas, lentejas, garbanzos y cultivos forrajeros).
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), (Instituto Internacional de Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos), 1-11-256, Begumpet, Hyderabad 500016, A.P., India. (Principales programas de investigación: garbanzos, guandul, mijo perlado, sorgo, nueces, y sistemas de cultivo).
- International Food Policy Research Institute (IFPRI), (Instituto Internacional de Investigación en Política Alimenticia), 1776 Massachusetts Avenue, N.W., Washington, D.C. 20036, USA.
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA), (Instituto Internacional de Agricultura Tropical), P.M.B. 5320, Ibadan, Nigeria. (Principales programas de investigación: sistemas de cultivo, maíz, arroz, raíces y tubérculos incluyendo batata, yuca y ñame, y leguminosas alimenticias incluyendo caupí, frijol y soya).
- International Livestock Centre for Africa (ILCA), (Centro Internacional de Ganado para Africa), P.O. Box 5689, Addis Abeba, Etiopía. (Principal programa de investigación: sistemas de producción ganadera).
- International Laboratory for Research on Animal Diseases (ILRAD), (Laboratorio Internacional para la Investigación en Enfermedades Animales), P.O. Box 30709, Nairobi, Kenia. (Principales programas de investigación: tripanosomiasis y teileriosis).
- International Rice Research Institute (IRRI), (Instituto Internacional de Investigación en Arroz), P.O. Box 933, Manila, Filipinas. (Principal programa de investigación: arroz).
- International Service for National Agricultural Research (ISNAR), (Servicio Internacional de Investigación Agrícola Nacional), P.O. Box 93375, 2509, AJ, La Haya, Países Bajos.
- West Africa Rice Development Association (WARDA), (Asociación de Africa Occidental para el Desarrollo del Arroz), E.J. Roye Memorial Building, P.O. Box 1019, Monrovia, Liberia. (Principal programa de investigación: arroz).

Apéndice 3

Publicaciones de CAAN desde 1970 hasta 1980

***IDRC-004e**

Osmotic dehydration: a cheap and simple method of preserving mangoes, bananas and plantains. G.W. Hope and D.G. Vitale. Ottawa, 1972, 12p.

***IDRC C-010e**

Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Barry Nestel and Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1973, 162p.

***IDRC-015e**

Aquaculture in Southeast Asia: report of a seminar at the Freshwater Fishery Research Station, Malacca, West Malaysia, 17-25 April 1973. IDRC, Ottawa, 1973. 22p.

***IDRC-016e**

Consumer food utilization in the semi-arid tropics of Africa: report of an interdisciplinary workshop, Zaria, Nigeria, 30 April-4 May 1973. IDRC. Ottawa, 1973, 16p.

IDRC-017e

Natural durability and preservation of one hundred tropical African woods. Yves Fortin and Jean Poliquin. Ottawa, 1976, 131p. (También en francés *IDRC-017f)

***IDRC-020e**

Cassava utilization and potential markets. Truman P. Phillips. Ottawa, 1973, 182p.

IDRC-021e

Nutritive value of triticale protein. Joseph H. Hulse and Evangeline M. Laing. Ottawa, 1974, 183p.

***IDRC-022e**

Consumer preference study in grain utilization, Maiduguri, Nigeria. Jean Steckle and Linda Ewanyk. Ottawa, 1974, 47 p.

IDRC-023e (revised edition)

Directory of food science and technology in Southeast Asia. E. V. Araullo, compiler. Ottawa, 1975, 267p.

IDRC-024e

Triticale: proceedings of an international symposium, El Batán, Mexico, 1-3 October 1973. Reginald MacIntyre and Marilyn Campbell, ed. Ottawa, 1974, 250p.

***IDRC-026e**

Food crop research for the semi-arid tropics: report of a workshop on the physiology and biochemistry of drought resistance and its application to breeding productive plant varieties, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 22-24 March 1973. Michael Brandreth. Ottawa, 1974, 16p.

*Solo se encuentra en microficha.

IDRC-029e

International Development Research Centre programs in agriculture, fisheries, forestry and food science: reviewed at a symposium, Ottawa, 12 September 1973. IDRC, Ottawa, 1974, 55p.

***IDRC-031e**

Cassava processing and storage: proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 17-19 April 1974. E.V. Araullo, Barry Nestel, and Marilyn Campbell, ed. Ottawa, 1974, 125p.

***IDRC-033e**

Interaction of agriculture with food science: proceedings of an interdisciplinary symposium, Singapore, 22-24 February 1974. Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1974, 166p.

***IDRC-036e**

Current trends in cassava research. Barry Nestel. Ottawa, 1974, 32p.

***IDRC-040s**

Triticale: resúmenes de los ensayos presentados durante un simposio internacional, El Batán, México, 1 al 3 de octubre de 1973. CIID. Ottawa, 1975, 31p.

***IDRC-041e**

Stable tropical fish products: report on a workshop, Bangkok, Thailand, 8-12 October 1974. Marilyn Campbell. Ottawa, 1975, 27p.

***IDRC-049s**

Germoplasma de yuca. Exposiciones presentadas durante el evento interdisciplinario en la sede del CIAT, Palmira, Colombia, 4-6 de febrero, 1975. Barry Nestel y Reginald MacIntyre, editores. Bogotá, 1975, 85p. (También en inglés IDRC-049e)

***IDRC-052e**

Tropical oyster culture: a selected bibliography. D.B. Quayle. Ottawa, 1975, 40p.

***IDRC-053e**

Rice: postharvest technology. E.V. Araullo, D. de Padua, and Michael Graham, ed. Ottawa, 1976, 396p.

***IDRC 055e**

Cowpeas: home preparation and use in West Africa. Florence E. Dovlo, Caroline E. Williams, and Laraba Zoaka. Ottawa, 1976, 96p.

***IDRC-057e**

Hidden waters in arid lands: report of a workshop on groundwater research needs in arid and semi-arid zones, held in Paris, France, 25 November 1974. L.A. Heindl, ed. Ottawa, 1975, 18p.

***IDRC-058s**

Venciendo las limitaciones a la producción del pequeño agricultor. H.G. Zandstra, K.G. Swanberg, y C.A. Zulberti. Bogotá, 1976, 32p. (También en inglés *IDRC-058e)

IDRC-059e

Cassava: the development of an international research network. Barry Nestel and James Cock. Ottawa, 1976, 70p.

***IDRC-062e**

Hidden harvest: a systems approach to postharvest technology. David Spurgeon. Ottawa, 1976, 36p. (También en francés *IDRC-062f)

***IDRC-063e**

The international exchange and testing of cassava germ plasm in Africa: proceedings of an interdisciplinary workshop at IITA, Ibadan, Nigeria, 17-21 November 1975. Eugene Terry and Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1976, 59p.

***IDRC-071e**

African cassava mosaic: report of an interdisciplinary workshop held at Muguga, Kenya, 19-22 February 1976. Barry L. Nestel, ed. Ottawa, 1976, 48p.

***IDRC-076e**

Intercropping in semi-arid areas: report of a symposium held at the Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science, University of Dar es Salaam, Morogoro, Tanzania, 10-12 May 1976. J.H. Monyo, A.D.R. Ker, and Marilyn Campbell, ed. Ottawa, 1976, 72p.

IDRC-078s

Investigaciones en comunicación para el desarrollo rural en América Latina: bibliografía. L.R. Beltrán S., G. Isaza V., F. Ramirez, P. Bogotá, 1976, 87p.

***IDRC-080e**

Proceedings of the fourth symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1-7 August 1976. J. Cock, R. MacIntyre, and M. Graham, ed. Ottawa, 1977, 277p.

IDRC-084s

Bosque Tropical: sobreexplotado y subutilizado. J.G. Bene, H.W. Beall y A. Coté, Bogotá, 1979, 51p. (También en inglés *IDRC-084e y en francés IDRC-084f)

IDRC-086e

Theileriosis: report of a workshop held in Nairobi, Kenya, 7-9 December 1976. J.B. Henson and M. Campbell, ed. Ottawa, 1977, 112p.

***IDRC-089s**

Los primeros cinco años de la División de Ciencias Agrícolas Alimentos y Nutrición. CIID, Bogotá, 1978, 49p. (También en inglés *IDRC-089e)

***IDRC-091s**

Resúmenes de los trabajos presentados durante el cuarto simposio de la Sociedad Internacional de Raíces Comestibles Tropicales celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, 1-7 agosto 1976. J. Cock, R. MacIntyre, y M. Graham, ed. Bogotá, 1977, 60p.

***IDRC-094e**

Trees for people: an account of the forestry research program supported by the International Development Research Centre. C. Sanger, G. Lessard, and G. Poulsen. Ottawa, 1977, 52p. (También en francés IDRC-094f)

***IDRC-095e**

Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977. B. Nestel and M. Graham, ed. Ottawa, 1977, 147p.

***IDRC-096e**

Cassava bacterial blight: report of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 1-4 November 1976. G. Persley, E.R. Terry, and R. MacIntyre, ed. Ottawa, 1977, 36p.

***IDRC-101e**

Man and tree in tropical Africa: three essays on the role of trees in the African environment. G. Poulsen. Ottawa, 1978, 31p.

IDRC-107s

Cáqueza: experiencias en desarrollo rural. H. Zandstra, K. Swanberg, C. Zulberti y B. Nestel. Bogotá, 1978, 386p. (Estudio de caso) (También en inglés IDRC-107e)

***IDRC-108s**

Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. J.E. Braham y R. Bressani, ed. Bogotá, 1978, 152p. (También en inglés IDRC-108e)

IDRC-114e

Cassava harvesting and processing: proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. E.J. Weber, J.H. Cock, and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1978, 84p.

IDRC-115e

Fisheries and aquaculture in the People's Republic of China. G.I. Pritchard. Ottawa, 1980, 32p.

***IDRC-120e**

Fish farming: an account of the aquaculture research program supported by the International Development Research Centre. B. Stanley, W.H. Allsopp, and F.B. Davy. Ottawa, 1978, 40p. (También en francés IDRC-120f)

IDRC-121s

Mujer rural y desarrollo: nuevo enfoque de la educación del hogar en América Latina. C. Cebotarev. Bogota, 1979, 188p.

IDRC-123e

Sorghum and millet: food production and use. Report of a workshop held in Nairobi, Kenya, 4-7 July 1978. S. Vogel and M. Graham, ed. Ottawa, 1979, 64p.

***IDRC-124s**

La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. CIID, Bogota, 1979, 228p.

IDRC-126e

Food legume improvement and development: proceedings of a workshop held at the University of Aleppo, Syria, 2-7 May 1978. G.C. Hawtin and G.J. Chancellor, ed. Ottawa, 1979, 216p.

IDRC-132e

Pathogenicity of trypanosomes: proceedings of a workshop held at Nairobi, Kenya, 20-30 November 1978. G. Losos and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1979, 216p.

IDRC-134e

Standardization of analytical methodology for feeds: proceedings of a workshop held in Ottawa, Canada, 12-14 March 1979. W.J. Pigden, C.C. Balch, and M. Graham, ed. Ottawa, 1980, 128p.

IDRC-135e

A partly annotated bibliography on infections, parasites, and diseases of African wild animals. L. Karstad. Ottawa, 1979, 111p.

IDRC-139e

Diseases of fish cultured for food in Southeast Asia: report of a workshop held in Cisarua, Bogor, Indonesia, 28 November-1 December 1978. B. Davy and M. Graham, ed. Ottawa, 1979, 32p.

IDRC-142e

Intercropping with cassava: proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 November-1 December 1978. E. Weber, B. Nestel, and M. Campbell, ed. Ottawa, 1979, 144p.

IDRC-143e

Food or famine: an account of the crop science program supported by the International Development Research Centre. A.D.R. Ker. Ottawa, 1979, 79p.

IDRC-145e

Polyphenols in cereals and legumes: proceedings of a symposium held during the 36th annual meeting of the Institute of Food Technologists, St. Louis, Missouri, 10-13 June 1979. J.H. Hulse, ed. Ottawa, 1979, 72p.

IDRC-146e

Food systems: an account of the postproduction systems program supported by the International Development Research Centre. R.S. Forrest, W. Edwardson, S. Vogel, and G. Yaciuk. Ottawa, 1979, 72p.

IDRC-151e

Cassava cultural practices: proceedings of a workshop held in Salvador, Bahía, Brazil, 17-21 March 1980. E.J. Weber, J.C. Toro M., and M. Graham, ed. Ottawa, 1980, 152p.

IDRC-152e

An end to pounding: a new mechanical flour milling system in use in Africa. P. Eastman. Ottawa, 1980, 64p.

IDRC-155e

Rattan: a report of a workshop held in Singapore, 4-6 June 1979. IDRC. Ottawa, 1980, 76p.

IDRC-158f

Le rôle des arbres au Sahel: compte rendu du colloque tenu à Dakar (Sénégal) du 5 au 10 novembre 1979. CRDI. Ottawa, 1980, 92p.

IDRC-159e

Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore, 28-30 May 1980. G. Lessard and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1980, 228p.

***IDRC-TS1e**

Food legume processing and utilization (with special emphasis on application in developing countries). Alvin Siegel and Brian Fawcett. Ottawa, 1976, 88p. (También en francés IDRC-TS1f)

***IDRC-TS2e**

Maiduguri mill project: grain milling and utilization in West Africa. IDRC. Ottawa, 1976, 16p. (También en francés *IDRC-TS2f)

IDRC-TS7e

Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. J.H. Hulse, K.O. Rachie, and L.W. Billingsley. Ottawa, 1977, 100p.

IDRC-TS17s

Ostras Tropicales: cultivo y métodos. D.B. Quayle, Ottawa, 1981, 84p. (También en inglés IDRC-TS17e y en francés IDRC-TS17f).

IDRC-TS21s

Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. B.J. Harvey y W.S. Hoar, Ottawa, 1980, 48p. (También en inglés IDRC-TS21e y francés IDRC-TS21f)

Apéndice 4

Otras Publicaciones del Personal de CAAN

Allsopp, W.H.L.

"African fisheries: their problems and opportunities and their role in the Sahelian famine/Problèmes et perspectives de la pêche en Afrique: son rôle dans la famine au Sahel" — Prepared for the United Nations in New York, N.Y., July 1974. ST/SSO/30-74-28185 ST.

"Management strategies in some problematic tropical fisheries" — Published in 'Unifying Concepts in Ecology', van Dobben, W.H. and Lowe-McConnell, R.H., ed., The Hague, Junk B.V., 1975. 252-262.

"Problems and perspectives of tropical fisheries" — Published in 'The Melanesian Environment — Report of the Waigini Seminar', Winslow, J.H., ed., Australian National University Press, Canberra 1975. 222-235.

"The utilization of the by-catch of fish from shrimp trawling in tropical areas" — Prepared for the Conference on Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish, Tropical Products Institute, London, 5-9 July 1976. Published in the 'Proceedings' of the Conference.

"Self-managed development" — Interview by the Centre for the Study of Democratic Institutions. Published in 'World Issues', December 1977-January 1978.

"Some fisheries options for food supply increase in the Caribbean Atlantic" — Presented at an Interciencia Symposium on Marine Sciences in the Americas. Published in 'Interciencia', February 1978.

"Ecological aspects of cage culture of fish" — Working paper presented at the Workshop on Floating Cages and Net Pen Enclosures, SEAFDEC/IDRC — Tigbauan, Iloilo, Philippines, February 12-21, 1979. 20 p. (mimeo).

Araullo, E.V.

"Post-harvest rice technology (Southeast Asia)" — Published in 'Rice Report 1975', Barber, S., Mitsuda, H., Desikachar, R., ed. Working party on rice utilization, IUFOST. Instituto Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia, Spain.

Daniels, W.D., MacCormac, C., y Hulse, J.H.

"Collaboration in agricultural research" — Presented to the Agricultural Economists, University of Guelph, 15 August 1977. Published in 'Canadian Journal of Agricultural Economists', August 1977.

Doggett, Hugh

"The improvement of sorghum in East Africa" — Paper read to a workshop on Sorghum in the Seventies, Hyderabad, India, October 1971. Published in 'Sorghum in the Seventies', Rao and House, ed., Oxford and IBH, 1972.

"Breeding for resistance to sorghum shoot-fly in Uganda" — Presented at a workshop on Control of Sorghum Shoot-fly, Hyderabad, India, November 1971. Published in 'Control of Sorghum Shoot-fly', Jotwani and Young, ed., Oxford and IBH, 1972.

"Recurrent selection in sorghum populations" — Published in 'Heredity', London, Vol. 28, no. 1, February 1972.

"International aspects of sorghum research" — Forward to the 'Proceedings of the Fourth Eastern Africa Cereals Workshop (Tecwyn, Jones, ed.) East African Agricultural and Forestry Journal', Nairobi, Vol. 39, no. 6, June 1973.

"New Direction in world cereals research: crops of the semi-arid tropics" — Presented at a symposium sponsored by the American Association of Cereal Chemists and IDRC, Montreal, 22 October 1974. Published in the 'AACC Journal', October/74.

"Progress in breeding for quality protein in other cereals" — Address to session of CIMMYT Conference on breeding cereals for improved protein, Mexico, December 4-8, 1972. Published in 'High Quality Protein Maize', Dowden, Hutchinson and Ross, ed., 1975.

"The history of the sorghum crop" — Chapter in 'Crop Plant Evolution', Simmons and Longmans, ed., 1975.

"Quality improvement in sorghum and millets" — Prepared for the International Association for Cereal Chemistry Conference, Vienna, 11 May 1976. Published in 'Proceedings of the International Association for Cereal Chemistry Conference', 1976.

"Sorghum bicolor (Gramineae, Andropogoneae)" — Published in 'Evolution of Crop Plants', Simmonds, N.W., ed., 1976.

Doggett, Hugh y Majisu, B.N.

"Fertility improvement in autotetraploid sorghum" — Published in 'Euphytica', 1972.

"The yield stability of sorghum varieties and hybrids in East African environments" — Published in 'East African Forestry Journal', 1972.

Forrest, R.S.

"Coordination of post-production systems in semi-arid Africa" — Published in 'Report of the Regional Workshop on Post-harvest Losses' by Commonwealth Secretariat, Food Production and Rural Development Division, 1977. pp. 65-74.

Hulse, J.H.

"Increasing food by reducing waste" — Presented at the 3rd International Congress of Food Science and Technology, SOS/7, Washington, D.C., 9-14 August 1970. Published in 'Proceedings of Congress of Food Science and Technology', 1970.

"Nutritional management — a weak link in international development" — Presented to the Nutrition Society of Canada, Toronto, June 1971. Published by 'Nutrition Society of Canada', 1971.

"The purpose and objectives of IDRC" — Presented at the Institute of Food Science and Technology, United Kingdom, 17 February 1972. Published in the 'Journal of the Institute of Food Science and Technology', 1972.

"The relevance of food aid and food research in international development" — Paper read to the Society of Chemical Industry, Leeds, England, 11 July 1972. Published in 'Chemistry and Industry', 20 January 1973.

"The household scientists in international development" — Presented to the Faculty of Household Science, University of Toronto, 11 November 1972. Published in 'Canadian Home Economics Journal', April 1973, Vol. 23 no. 2.

"Development and evaluation of new proteins" — Chairman's closing remarks to the session on Development and Evaluation of New Proteins, Symposium on the Contribution of Chemistry to Food Supplies, Hamburg, FDR., 20-31 August 1973. Published in 'The Contribution of Chemistry to Food Supplies', August 1973.

"Triticale and developing nations. Triticale: first man-made cereal" — Presented at the AACC Symposium, St. Louis, Missouri, 5 November 1973. Published in 'American Association of Cereal Chemists Inc.', 1974. pp. 2-8.

"Contre la faim dans le monde: le projet Triticale" — Published in 'La Recherche', Paris, Vol. 5 no. 42, février 1974. pp. 188-190.

"Research and development in advanced countries and transfer of results for industrial development to developing countries" — Presented at the IV International Congress of Food Science and Technology, Madrid, Spain, 26 September 1974. Published in 'Proceedings'.

"Les propriétés du triticale" — Article paru dans 'Encyclopedia Universalis', France, le 30 septembre 1974. pp. 425-429.

"The new miracle grain/triticale: la nouvelle céréale miracle" — 5 July 1974. Published in 'Cooperation Canada', no. 16, September/October 1974. pp. 18-22.

"The protein enrichment of bread and baked products" — Published in 'New Protein Foods', Vol. 1A, Altschul, Aaron M., ed., Academic Press Inc., 1974. pp. 156-230.

"Problems of nutritional quality of pigeon pea and chick-pea and prospects of research" — Presented at ICRISAT Workshop on Grain Legumes, India, 13-15 January 1975. Published in 'Proceedings'.

"Food processing problems and potential" — Presented at the INCAP Conference in Guatemala City, 3 December 1974. Published in 'Nutrition and Agricultural Development — Significance and Potential for the Tropics', Scrimshaw, N.S. and Béhar, M., ed., printed by Plenum Publishing Corp., 1976. pp. 215-233.

"Protein methods for cereal breeders as related to human nutritional requirements" — Published in 'Advances in Cereal Science and Technology', Pomeranz, Y., ed., AACC, 1976. Chapter written by the UN-PAG Working Group on Protein Methods for Cereal Breeders.

"Research management" — Presented at AFNS staff meeting in March 1976 and published in 'Agricultural Research Management', Volume II, SEARCA, 1977.

"The international agricultural research system" — Presented to the Royal Society of Canada, 23 August 1977. Published by 'Royal Society of Canada'.

"Post-harvest systems" — Interview published in 'CERES', November/December 1977.

"Food research — for whose benefit?" — Presented as the Keynote Address for the 21st Conference of the Canadian Institute of Food Science and Technology (CIFST) held in Edmonton 25-28 June 1978. Published in 'CIFST Journal' in October 1978. pp. A93-A96.

"The food scientist in international development" — Talk to the Australian Institute of Food Science and Technology (AIFST) Annual Conference, held in Melbourne, Australia in May 1978. Published in 'Food Technology in Australia', September 1978. pp. 354-358.

"Human implications of protein utilization" — Paper presented to the International Symposium on Protein Utilization, 13-16 August 1978, University of Guelph, Guelph, Ont. 33p. (mimeo). Published in 'Utilization of World Protein Resources', Food and Nutrition Press Inc., 1981.

"Research and post-production systems" — Presented at International Symposium on Advances in Food Production Systems for Arid and Semi-Arid Lands. Kuwait, 19-23 May 1980. Published in 'Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semi-Arid Lands', Part B, Academic Press, 1981.

"World food resources: an overview" — Presented to the Australian Academy of Tech. Sciences Fourth Invitation Symposium, Food Resources of Australia, 21 October 1980. Published in 'Food Resources of Australia', AATS, 1981.

Hulse, J.H. y Daniels W.D.

"Economics of transfer" — Presented to the Western Hemisphere Nutrition Congress IV, Bal Harbour, Florida, 20 August 1974. Published in 'LIFE Newsletter' of Sept. 1974 and in 'Proceedings, Western Hemisphere Nutrition Congress IV', White, Philip L. and Selvey, Nancy, ed., Publishing Sciences Group, Inc., Acton, Mass., 1975. Copyright 1975 by the American Medical Association. pp. 271-277.

Hulse, J.H. y Fawcett, B.D.

"Nutritionally fortified cereals foods" — Presented at 5th International Grains Industry Program, Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Manitoba, 17 September 1975. Published by 'Canadian International Grains Institute', 1975.

Hulse, J.H., Fawcett, B.D., y Daniels, W.D.

"Protein supplements — world production and trade" — Presented at the Oilseed

and Pulse Crops Symposium, University of Manitoba, 20-23 May 1975. Published in Harapiak, John T., ed., 'Oilseed and Pulse Crops in Western Canada — A Symposium'. Calgary: Western Cooperative Fertilizers Ltd., 1975. pp. 1-60.

Hulse, J.H., Laing, E.M., y Pearson, O.E.

"The composition and nutritional value of sorghum and the millets," Academic Press 1981.

Hulse, J.H. y Pearson, O.E.

"How nutrition priorities can be integrated into crop improvement programs" — Presented at the XIth International Congress of Nutrition held in Rio de Janeiro, Brazil, 27 August-1 September 1978. Published in 'UNU Food and Nutrition Bulletin', Vol. 2, No. 1, January 1980 and 'Nutrition and Food Science Series', Proceedings, Vol. 2, Plenum Press.

Hulse, J.H. y Scott, R.B.

"Can the people of the world be fed? What is Canada's role?" — Published in 'Canada's Role in Feeding the People of the World', Conference Report. Club of Guelph, 1977.

Hulse, J.H. y Spurgeon, D.

"Triticale" — Published in Scientific American, August 1974, Vol. 231, no. 2, pp. 72-80.

Ker, A.D.R., Moorse, M.W., Watts, E.R., y Gill, B.N.

"Agriculture in East Africa: an introduction to principles and practices" — Edward Arnold (Publishers) Ltd., London 1978. 218 p.

Kishk, F., et al.

"Hydrolysis of methylparathion insecticide in soils" — Published in 'Journal of Agricultural Food Chemistry', 24(2), pp. 305-307, Mar/Apr 1976.

"Methylparathion hydrolase activity in some Egyptian soils and fractions" — Published in the 'Alexandria Journal of Agricultural Research', Volume 24, 1976. pp. 435-440.

"Mineralogical and chemical composition of the clay fraction of some Nile alluvial soils in Egypt" — Published in 'Chemical Geology', 17(4), pp. 295-305, 1976.

"Agronomic and quality performance of different wheat varieties and their response to micronutrient Fklier application" — Published in the 'Alexandria Journal of Agricultural Research, (accepted March 19, 1977).

"Mineral element composition of perennial vegetation in relation to soil types in the northeastern corner of the western desert of Egypt" — Published in the 'Botanical Gazette', Chicago, U.S.A., June 1977.

"Adsorption of methylparathion by soils" — Published in 'Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology', 22(6), pp. 733-738, 1979.

"Ion and solvent selectivity of zeolite A in mixed media. An extension of the Gibbs-Donnan model" — Published in 'Journal of Physics and Chemistry', 83(21), pp. 2743-2751, 1979.

"Sorption-desorption characteristics of methylparathion by clays" — Published in 'Archives of Environmental contamination Toxicology', 8(6), pp. 637-645, 1979.

Nestel, B.L.

"The dilemma of Caribbean agriculture" — Presented at the OCPLACS Seminar held at Guelph University on 6 March 1971. Reprinted in 'Estelas', Vol. 1, 1971. pp. 9-12.

"The veterinarian in Latin America" — Presented to the Central Ontario Veterinarian Association Meeting, Brockville, 2 October 1971.

"Economics aspects of animal production in developing countries" — Presented at the Thrid World Conference on Animal Production in Melbourne, Australia, 23-29 May 1973. Published in 'Proceedings'.

"Cassava — a crop with a future? / Après le Blé et le Riz — le 'Manioc miracle'?" — Published in 'Cooperation Canada', CIDA, Ottawa, no. 13, March/April 1974. pp. 9-16.

"World animal production and feed supplies" — Opening address, Tropical Products Institute, International Conference on Animal Feeds of Tropical and Sub-tropical Origin, London, April 1974. Published in 'Proceedings'.

"Battling to fill 4 billion bellies" — Published in 'Sunday Times', London, July 1974. pp. 63-64.

"Agricultural research as a component of foreign aid" — Australian Broadcasting Corporation Guest of Honour talk, 1 December 1975. Published by 'ABC Sydney', Australia.

"World cassava research — a review" — Lecture given at Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum, India, 23 September 1975 and published in Journal of Root Crops, Vol. 2, 1976. pp. 10-13.

Nestel, B.L., Pratt, D.J., Thome, M., y Tribe, D.E.

"Animal production and research in tropical Africa" — Report of the Task Force commissioned by the Consultative Group on International Agricultural Research, 1972 — Washington.

Scott, R.B., y Hulse, J.H.

"Can the people of the world be fed? What is Canada's role?" — Presented at the 4th Meeting of the Club of Guelph, 6 November 1976. Published by K.W. Hammond, 'Club of Guelph', 1977 and reprinted by kind permission in 'CIFST Journal' Vol. 10, no. 4, 1978.

Siegel, Alvin

"Stabilization of anthocyanins in frozen tart cherries by blanching" — Published in 'Journal of Food Science', 1971.

Siegel, A., Bhumiratana, A., y Lineback, D.R.

"Development, acceptability and nutritional evaluation of high-protein soy-supplemented rice noodles for Thai children" — Published in 'Cereal Chemistry', November/December 1975, Vol. 52, no. 6, published by the 'American Association of Cereal Chemists', Inc. pp. 801-812.

Weber, E.J.

"Program thrusts of the IDRC toward accelerating agricultural development" — Published in the SEARCA International Workshop on 'Accelerating Agricultural Development', Los Baños, Philippines, 26-30 April 1976.

"The Inca's ancient answer to food shortage, Chenopodium quinoa, field crop" — Published in 'Nature', 272 (5653), 486, 1978.

Yaciuk, Gordon

"Méthodologie de l'enquête sur la technologie post-récolte en milieu paysan — résultats et discussions des résultats" — Publié par l'Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques, Dakar, Sénégal, juillet 1977.

"L'approche systémique pour la technique post-récolte au Sahel", Extrait de 'L'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'ouest', Paris, Agence de Coopération Culturelle et Technique, 1980.

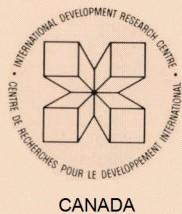
"L'approche systémique pour la technologie post-récolte au Sahel" — Document présenté au séminaire de l'Institut de Sahel/ACCT/GASGA. Bamako, avril 1979. 23p. mimeo (21p. Appendice).

Yaciuk, Gordon, Muir, W.E., y Sinha, R.N.

"Effects on temperature and insect and mite populations of turning and transferring farm-stored wheat" — Published in 'Canadian Agricultural Engineering', Vol. 19, no. 1, June 1977.

"Climate in relation to deterioration of stored grain, a multivariate study" — Published in 'Oecologia', 12(1), pp. 69-88, 1973.

"A simulation model of temperatures in stored grain" — Published in 'Journal of Agricultural Engineering Research', 20(3), pp. 245-258, 1975.



CANADA